COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 FÉVRIER 1878.

PRÉSIDENCE DE M. FIZEAU.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Détermination télégraphique de la différence de longitude entre Paris et l'Observatoire du Dépôt de la Guerre à Alger* (colonne Voirol). Mémoire de MM. **Lœwy** et **Perrier**, lu par M. Lœwy.

« MM. Stephan et Lœwy ont déjà fait connaître à l'Académie, dans la séance du 16 avril 1877, les résultats des opérations qu'ils ont exécutées pour obtenir les deux différences de longitudes entre Paris-Marseille et Marseille-Alger, d'où résulte une première valeur de la différence de longitude entre Paris et Alger.

» La détermination directe de cette dernière longitude fait l'objet de la Communication actuelle, qui vient ainsi compléter, sur plusieurs points importants, le compte rendu des opérations entreprises en commun par les Observatoires de Paris et de Marseille, ainsi que par le Dépôt de la Guerre, pour rattacher l'Algérie à la France.

» Nous n'avons pas à revenir sur nos appareils électriques installés à Paris et à Alger, dont le principe et le mode d'emploi ont été décrits dans la Communication déjà citée. Nous insisterons spécialement sur la méthode nouvelle que nous avons employée pour la discussion des erreurs et sur les

dispositions particulières que nous avons été forcés de prendre à Marseille pour la transmission des courants électriques.

» Grâce à la télégraphie électrique, la détermination des longitudes de deux points de la surface terrestre est devenue une des opérations les plus exactes de la haute Géodésie.

» Le problème se réduit au fond à déterminer la différence des heures que marquent au même instant physique des pendules bien réglées, installées aux deux stations. Il reste donc à les comparer, malgré la distance qui les sépare, au moyen d'un mode quelconque de télégraphie instantanée.

» Autrefois on n'avait, comme on sait, qu'un moyen de produire des signaux instantanément visibles à de grandes distances : c'était de brûler quelques onces de poudre en plein air, en des lieux convenablement espacés, où l'horizon bien dégagé laissait apercevoir dans le ciel le reflet de l'inflammation subite de la poudre. Des observateurs interposés de 30 à 40 lieues, par exemple, ou plus encore, attendaient ces signaux pour les noter à l'aide des chronomètres. C'est ainsi qu'en France on a opéré pour déterminer l'amplitude astronomique du parallèle moyen ; mais ce système compliqué n'a jamais donné de bons résultats : aussi a-t-il fallu renoncer, pour l'étude de la figure de la Terre, aux différences de longitude ainsi obtenues le long des arcs du parallèle et se contenter des différences de latitude dans le sens des méridiens.

» Cet état de choses a changé de face par l'introduction de la télégraphie électrique, qui a permis de lancer d'une station à l'autre, quelle qu'en fût la distance, des signaux presque instantanés ; par suite, on a pu envoyer à la station conjuguée l'heure de la pendule de la première, aussi bien qu'une dépêche quelconque, et la comparer à l'heure de la seconde station. Et, comme il suffit de renverser le courant, c'est-à-dire d'envoyer de la seconde station l'heure locale de la première pour éliminer le temps d'aller, si court, que l'électricité emploie à franchir l'espace, on a cru pouvoir obtenir par ces nouveaux procédés, combinés avec des méthodes d'observation plus délicates, une exactitude plus rigoureuse.

» La précision que l'on peut ainsi atteindre est, en effet, très-remarquable, et, tant qu'on s'est borné à juger de cette précision par l'accord de résultats obtenus dans une même soirée ou dans plusieurs soirées consécutives, on a dû croire que l'on atteignait les dernières limites de la faiblesse des erreurs inévitables. Cependant il a fallu bientôt rabattre de cette confiance exagérée, lorsque l'on s'est avisé de soumettre ces résultats à un contrôle plus sévère. Supposons que l'on ait déterminé de proche en proche les longitudes

de stations dont l'ensemble forme un polygone fermé, quelle que soit la précision apparente des opérations successives, il faut que l'ensemble satisfasse à la condition de fermer le polygone avec la même précision : or cela n'est pas arrivé, et l'épreuve finale a toujours donné jusqu'ici des mécomptes bien sensibles. En effet, les erreurs réelles se sont montrées toujours beaucoup plus notables que les erreurs probables publiées par les observateurs, erreurs qui fournissent la mesure d'exactitude de résultats trouvés. Cette discordance, d'ailleurs, ne nous a pas surpris.

» Cela tient à ce que l'accord, même persistant, des mesures opérées dans les mêmes conditions n'est pas toujours une preuve absolue d'exactitude. Cet accord peut subsister, alors que l'on commet en réalité des erreurs sensibles : il suffit que ces erreurs soient régulières, systématiques, en un mot, qu'elles suivent certaines lois pour que leur élimination n'ait pas lieu par la répétition d'un nombre même fort grand de mesures individuelles.

» Les opérations dont nous présentons les résultats à l'Académie se distinguent des précédentes par les soins que nous avons mis à étudier séparément ces causes multiples d'erreur, qui peuvent affecter la longitude cherchée. C'est ainsi que nous avons déterminé, soit par des expériences physiques, soit par la répétition des observations astronomiques, la grandeur des erreurs provenant du nivellement, des déterminations azimutales, les erreurs de flexion, les erreurs provenant du mouvement horaire des pendules employées dans les deux stations, l'erreur systématique provenant de l'azimut de la mire conclu de tout l'ensemble des étoiles polaires, l'erreur du relevé électrique, l'erreur due aux fluctuations des équations personnelles, etc., et nous avons, pour chaque longitude particulière, déduit *a priori* l'effet produit par l'ensemble de ces diverses inexactitudes.

» Ces erreurs tiennent, comme on voit, en partie aux instruments eux-mêmes, d'autres aux courants électriques, d'autres, enfin, aux observateurs, dont la disposition physiologique influence sensiblement les résultats. Nous allons seulement indiquer la valeur numérique de quelques-unes de ces erreurs.

» Les pendules, malgré le soin donné à leur installation, en dépit des précautions prises pour les soustraire aux influences de la température, ont une marche légèrement variable; l'erreur de deux mouvements horaires combinés monte à $\pm 0^s,008$.

» Nous avons pu réduire l'incertitude dans l'échange des signaux télégraphiques, due aux fluctuations accidentelles des courants et à l'inertie variable des pièces métalliques, à $\pm 0,003$ de seconde de temps.

» L'erreur d'une détermination simultanée de l'azimut et du niveau s'élève à $\pm 0^s,04$.

» En ayant ainsi successivement trouvé l'influence de ces diverses sources d'erreurs, nous sommes arrivés à un résultat très-intéressant. Nous avons pu fournir une expression numérique pour l'effet total des erreurs accidentelles, c'est-à-dire une limite difficilement franchissable à l'exactitude des observations astronomiques.

» Il existe, en effet, malgré l'excellence des instruments et des méthodes d'observation, et même en augmentant indéfiniment le nombre des fils du réticule, un ensemble de causes perturbatrices capables d'entacher les résultats de toute observation méridienne d'une inexactitude que l'on peut évaluer à $\pm 0^s,024$. L'observateur le plus exercé ne peut, en effet, ni transformer les conditions atmosphériques, ni se soustraire à des conditions physiologiques indépendantes de sa propre volonté.

» La seule ressource qui reste, et à laquelle on peut avoir recours pour diminuer ces causes insaisissables d'erreur, c'est de multiplier les séries dans des conditions aussi différentes que possible, afin de faire agir ces causes en sens divers, et de les forcer ainsi à s'éliminer d'elles-mêmes, au moins en grande partie, dans la moyenne définitive.

» Nous allons maintenant exposer l'installation du dispositif particulier, établi à Marseille pour l'échange des signaux.

» L'échange direct des signaux, par la voie télégraphique entre Paris et Alger, s'opère en partie dans l'air, en partie dans la mer, dans des distances respectives de 863 kilomètres et 926 kilomètres. Or l'administration imposait la condition de n'agir dans la portion sous-marine qu'avec l'intensité de dix éléments; nous n'aurions pu franchir ainsi, dans des conditions satisfaisantes, la distance de 1789 kilomètres. De là découlait la nécessité d'interposer, à Marseille, un relais de translation pouvant alternativement lancer dans le fil aérien de Paris, ou dans le câble sous-marin d'Alger, les courants très-différents de deux piles établies à Marseille, formées l'une de cent et l'autre de dix éléments de Callaud.

» Il y avait là une difficulté sérieuse à surmonter. On sait, en effet, que le succès de ce genre de déterminations est basé sur la condition que le temps que l'électricité met à parcourir la ligne télégraphique doit être rigoureusement le même dans les deux directions, soit que l'on envoie un signal de la première station à la seconde ou inversement de la seconde à la première. Une inégalité régulière entre l'aller et le retour d'un signal affecterait toutes les longitudes obtenues successivement d'une erreur sys-

tématique. Pour éviter cet inconvénient, il a donc fallu soumettre le relais de translation de Marseille, malgré l'intensité très-différente des courants qui intervenaient dans l'opération, à des actions électriques identiques. Ce but a été complétement atteint à l'aide d'un système particulier de rhéostat et de commutateur métallique qui avait été installé par moi à Marseille.

» Le principe de cette disposition est fort simple. Un courant émanant d'une station quelconque et arrivant à Marseille pouvait s'écouler à terre par deux voies différentes, par le rhéostat ou par le relais de translation; une boussole intercalée dans le circuit permettait alors de régler la résistance du rhéostat, de façon à ne faire entrer dans le relais qu'une fraction déterminée à l'avance du courant; le déclanchement s'opérant ainsi à l'aller et au retour, sous l'influence de forces égales, mesurées par la boussole, il était légitime d'admettre que le retard de transmission, dû à la présence du relais, était le même dans les deux directions.

» Le relais a toujours été réglé très-sensible, afin de pouvoir obéir aussi rapidement que possible à l'action du courant, excessivement faible, venant d'Alger, et, grâce à cette précaution, le retard qu'il produisait était très-minime. Si, en effet, on calcule la somme des retards de transmission mesurés entre Paris-Marseille et Marseille-Alger, à l'aide des opérations combinées de MM. Stephan et Lœwy, on obtient, pour leur ensemble, $0^s,257$, et la durée de transmission ainsi trouvée est indépendante du relais de translation, puisque les deux opérations entre Paris-Marseille et Marseille-Alger sont directement déterminées sans l'intervention de cet organe de transmission. Nous avons trouvé, dans la recherche actuelle, $0^s,306$ pour le retard moyen entre Paris et Alger; la différence entre ces deux valeurs, soit $0^s,051$, mesure évidemment le retard causé par le relais, c'est-à-dire le temps moyen d'attraction de la palette du relais sous l'influence du courant affaibli émanant d'Alger, courant qui n'était que de 10 éléments à son point de départ à Alger, et qui, à son arrivée à Marseille, après avoir franchi 926 kilomètres, était souvent à peine perceptible.

» Le réglage du relais est, on le comprend, une opération délicate, qui a été l'objet de soucis incessants de la part de M. Stephan, et qui n'a pu être assurée qu'à la suite de plusieurs essais préalables par l'échange de signaux entre les trois stations conjuguées.

» Un calcul préliminaire de réduction, fait à l'aide des positions d'étoiles bien connues et empruntées au *Catalogue des étoiles de culmination lunaire* publié par M. Lœwy, nous a permis d'obtenir les corrections moyennes de pendule pour chaque série et la marche des deux pendules, et nous en

avons conclu les corrections à faire subir aux positions primitives. En combinant entre eux les résultats des observations nombreuses de Paris, de Marseille et d'Alger, nous avons formé un nouveau Catalogue dont les positions relatives sont très-précises et dont les positions absolues ne peuvent se trouver affectées que d'une erreur systématique excessivement faible et provenant des points de repère choisis. Toutes les positions de ce Catalogue ont pu ensuite concourir à la détermination de l'heure, et nous n'avons pas été astreint à observer les mêmes étoiles dans les deux stations, condition fort difficile à réaliser, et que nous avons pu toutefois satisfaire dans une large mesure, à cause du voisinage des méridiens d'Alger et de Paris.

» Des retournements nombreux de la lunette ont été effectués dans le cours d'une soirée, et chaque série a été réduite avec les éléments de réduction qui lui sont propres. Avant de conclure la correction moyenne de la pendule, nous avons examiné, à l'époque moyenne, les corrections moyennes des séries, et la comparaison des diverses déterminations de l'heure obtenues alternativement dans les différentes positions de l'instrument a mis en évidence, dans les deux stations, des différences qui ont été soigneusement examinées. Cette comparaison, en effet, nous a permis de calculer l'erreur d'une détermination simultanée de l'azimut et du niveau, et elle nous a également servi à l'étude de la flexion.

» Le tableau suivant résume les résultats trouvés pour la longitude, déterminée directement, entre Paris et Marseille :

Dates.	Longitudes affectées de l'équation personnelle.	Moyenne des erreurs.	Poids.
	m s	s	
1874 2 Novembre ...	2.50,272	± 0,049	0,7
3 Novembre ...	50,318	± 0,027	2,2
6 Novembre ...	50,322	± 0,038	1,1
7 Novembre ...	50,338	± 0,046	0,8
17 Novembre ...	50,355	± 0,021	3,6
23 Novembre ...	50,318	± 0,020	4,0
24 Novembre ...	50,298	± 0,025	2,5

» La combinaison de ces nombres conduit à la valeur suivante :

$L = 2^m 50^s,327$. Poids $= 14,9$. Erreur probable $= \pm 0^s,008$.

Équation personnelle Lœwy-Perrier..... $-0^s,093 \pm 0^s,008$

De là on déduit, pour la longitude entre Paris (pavillon des longitudes) et Alger (colonne Voirol) : $L' = 2^m 50^s,234 \pm 0^s,011$.

» MM. Stephan et Lœwy ont trouvé :

Pour la longitude entre Marseille et Paris.....		$12^{m}.13^{s}.435$
»	Marseille et Alger ...	$9.23,219$

d'où l'on conclut, entre Alger et Paris : $L' = 2^{m}50^{s},216$.

» La différence entre ces deux déterminations indépendantes est, comme on voit, très-minime, et la combinaison de ces deux valeurs fournit le résultat définitif adopté et ramené au méridien de Cassini :

Longitude définitive $= 2^{m}50^{s},365$. Erreur probable $= \pm 0^{s},01$.

» On remarquera qu'il existe un accord exceptionnel entre les longitudes trouvées dans les différentes soirées successives. Ayant, comme nous l'avons exposé, examiné successivement l'influence des diverses causes d'erreur, nous sommes arrivés à reconnaître avec certitude entre quelles limites il fallait multiplier les diverses opérations, soit astronomiques, soit électriques, et nous avons pu, par cette étude spéciale, augmenter notablement la précision : nous sommes ainsi parvenus à des résultats sur lesquels nous croyons que l'on peut véritablement compter, dans les limites que nous assignons nous-mêmes, résultat que la fermeture de notre triangle, Paris-Marseille-Alger, confirme complétement. »

ASTRONOMIE. — *Instrument portatif pour la détermination des itinéraires et des positions géographiques dans les voyages d'exploration par terre.* Note de M. E. Mouchez.

« Depuis que le Bureau des Longitudes a inauguré son Observatoire de Montsouris, il nous est venu un certain nombre de personnes, se préparant à faire des voyages d'exploration dans l'intérieur des continents ou des îles de la mer de l'Inde, et demandant toutes à s'instruire sur les procédés à l'aide desquels il leur sera possible de déterminer leur itinéraire, ainsi que la latitude et la longitude des lieux visités.

» Ce problème, qui semble fort simple à résoudre au premier abord, offre en réalité, à cause des conditions restrictives qui sont posées, certaines difficultés qui expliquent en grande partie tant de désaccord, tant d'incertitudes dans les cartes dressées par divers voyageurs pour les mêmes contrées visitées.

» Je ne citerai, comme exemple, que le dernier voyage de *Stanley;* ce voyageur a construit une carte de son itinéraire où il fait passer la partie la plus septentrionale du fleuve *Congo* ou *Livingstone* par 1°45′ de latitude

nord, tandis qu'une carte plus récente, construite par Petermann et résultant de la discussion des documents précédemment recueillis, fait remonter cette même partie du fleuve jusque par 4°30′ de latitude, ce qui fait une différence de plus d'une cinquantaine de lieues.

» C'est pour éviter de telles incertitudes et faciliter la partie astronomique de leur tâche aux hommes dévoués qui se préparent actuellement, à l'Observatoire Montsouris, à entreprendre de grands voyages d'exploration, que j'ai fait construire le petit appareil très-simple que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie et qui résoudra, je crois, suffisamment bien la question qui nous a été posée.

» Il ne présente aucune idée théorique nouvelle, mais seulement une imitation approchée de l'arbalète ou astrolabe dont se servaient les anciens marins avant l'invention des instruments à réflexion, car il n'est pas nécessaire ici d'un appareil de grande précision, mais bien d'un instrument très-portatif et très-facile à employer dans toutes les circonstances.

» Il y a deux genres d'instruments avec lesquels on peut prendre la hauteur des astres : les uns fixes, usités dans les observatoires, et les autres portatifs, les instruments à réflexion des marins. Les premiers, même réduits à leur plus petite dimension possible, sont trop encombrants et exigent une installation trop stable pour qu'on puisse les employer dans de tels voyages; les seconds, au contraire, peu volumineux, n'exigent aucune installation préalable, sont les véritables instruments des voyages d'exploration ; malheureusement ils deviennent impuissants dans les régions équatoriales où le Soleil est toujours trop près du zénith pour qu'on puisse observer le double de sa hauteur dans un horizon artificiel, l'angle maximum, mesurable par ce procédé, étant, comme on le sait, de 130 à 140 degrés.

» On pourrait, il est vrai, avoir recours, dans ce cas, aux observations d'étoiles; mais elles exigent une certaine expérience, une connaissance du ciel que n'ont pas toujours les voyageurs, et elles présentent en outre quelques difficultés matérielles d'éclairage, de lecture, de pointé dans l'horizon, qui en rendent l'usage assez rare. Ces instruments à réflexion nécessitent d'ailleurs une double boîte pour l'horizon artificiel, ce qui ne permet guère de les porter sur soi, et ils n'évitent pas en outre la nécessité de porter une troisième caisse pour la boussole de relèvement; enfin ils n'offrent pas la possibilité de prendre la hauteur angulaire des montagnes et de faire un nivellement approximatif.

» L'instrument que je viens de faire construire est destiné à être porté

en bandoulière comme une jumelle de marine, dont il a à peu près le poids et le volume, et il donnera la possibilité de faire simultanément ces diverses observations. Il se compose d'une boîte cylindrique en cuivre, de 12 centimètres de diamètre et de 5 centimètres d'épaisseur, portant sur l'une de ses faces une aiguille aimantée entraînant un cercle divisé permettant de prendre les relèvements magnétiques à $\frac{1}{10}$ de degré près, et de l'autre un cercle mobile également divisé et muni d'un contre-poids à l'extrémité d'un de ces décimètres qui, étant ainsi maintenu vertical, rend possible la mesure des hauteurs angulaires à 1 ou 2 minutes près. A un des deux couvercles en cuivre qui garantissent les cercles est adaptée une douille mobile autour d'un genou avec vis de pression, à l'aide de laquelle on peut donner à l'instrument toutes les directions possibles; ce couvercle s'adapte du côté opposé au cercle dont on veut se servir, et s'ajuste soit sur une canne qu'on enfonce en terre, soit sur une canne à trois branches, comme en ont les photographes de campagne.

» L'observation des hauteurs se fait avec une petite lunette centrée sur la boîte en cuivre et portant à son foyer principal un réticule carré dont le côté est égal au diamètre du Soleil. Cela permettra d'obtenir de suite la hauteur du centre de l'astre, et évitera la nécessité de la correction du demi-diamètre, source d'erreurs fréquentes, surtout quand on est obligé d'employer une lunette et un prisme qui renversent l'image du Soleil et font confondre souvent les bords opposés.

» La manœuvre de l'instrument sera donc extrêmement simple et rapide, et l'exactitude obtenue très-suffisante. Les ciels constamment couverts que nous avons depuis un mois ne m'ont encore permis de faire à Montsouris qu'une seule observation de latitude : je l'ai obtenue à 1′20″ près. Mais je ne compte pas habituellement sur une approximation plus grande que 2 minutes ou 2 $\frac{1}{2}$ minutes, bien suffisante d'ailleurs pour la géographie de l'Afrique équatoriale, puisqu'une semblable erreur ne représenterait guère que la moitié de la longueur de la ville de Paris.

» L'avantage de cet instrument, c'est que le voyageur, le portant toujours sur lui, pourra sans peine et sans fatigue multiplier ses observations; il lui suffira de s'arrêter un quart d'heure pour pouvoir, sans avoir recours à ses porteurs et à ses bagages, observer la hauteur du Soleil, le nivellement des montagnes, le relèvement des objets en vue et de la route, ainsi que la déclinaison de l'aiguille aimantée. Ces hauteurs de Soleil, prises matin et soir, lui donneront, à l'aide d'un chronomètre de poche, le chemin parcouru, est et ouest, pendant que la hauteur méridienne lui donnera chaque jour

le chemin nord et sud. Il aura donc tous les éléments nécessaires pour tracer un excellent itinéraire, auquel il pourra rapporter, par des relèvements continuels, tous les accidents topographiques, les chaînes de montagnes, les villages, les forêts, etc., etc., visibles de sa route. Ces diverses opérations ne pouvant se faire aujourd'hui qu'à l'aide d'appareils plus ou moins encombrants, relégués aux bagages, sont le plus souvent négligées, et l'on se contente alors d'estimer la route par journée de marche au pas de l'homme, du cheval ou du chameau, procédé si défectueux et source de tant d'erreurs.

» Je ne doute pas que ce petit instrument, construit par notre excellent artiste Lorieux, avec tout le bénéfice de sa longue expérience, ne puisse rendre, par l'extrême facilité de son emploi, d'utiles services aux voyageurs français qui vont tenter de poursuivre, avec des moyens plus modestes peut-être, mais avec non moins de courage et de dévouement, l'œuvre de la reconnaissance de l'Afrique équatoriale, si brillamment entreprise par Stanley. »

« M. d'Abbadie fait observer qu'il avait d'abord placé dans la lunette de son théodolite de voyage deux fils espacés de manière à embrasser toujours le disque solaire, dans l'espoir de déterminer ainsi le centre de ce disque. La pratique ayant bientôt montré qu'il est difficile de placer les deux bords opposés de cet astre, chacun à une distance égale, et nécessairement presque toujours *estimée*, de deux fils différents, il est préférable d'employer en voyage un seul fil, d'observer alternativement les deux bords du Soleil quand on veut déterminer la latitude, et de laisser son disque traverser le fil unique quand on veut, le soir ou le matin, trouver l'heure ou l'azimut vrai. Quant à l'usage d'une canne comme pied, il a fallu y renoncer dans les terrains rocheux, si fréquents en Éthiopie, comme aussi sur un sol sablonneux. Au lieu d'une seule canne il est préférable d'en employer trois. Fendues à un bout, elles servaient à monter promptement un trépied ordinaire, pour un petit théodolite qui donnait *à la fois* l'angle horizontal et l'angle vertical, et dont les cercles semblent plus petits que dans l'instrument de M. Mouchez. Notre instrument à deux cercles donnait la latitude par le Soleil à 6 secondes près, et l'azimut vrai à 1 minute près. Une pareille exactitude a paru nécessaire pour établir à moins de 1 minute près tant en longitude qu'en latitude, et en altitude à 20 mètres près, les positions relatives de plus de 800 points de l'Éthiopie. Une disposition nouvelle de cet instrument, et qui offre plusieurs avantages, a été publiée en 1863, dans

les *Comptes rendus*, t. LVI, p. 1195. A cause de l'oxydation et de la poussière, il est préférable de ne pas assembler sur place les pièces d'un pareil instrument, et, pour le mettre à l'abri des accidents, il doit être enfermé dans une boîte portée par le guide. Enfin, le perpendicule est bien moins exact qu'un niveau. Du reste, M. d'Abbadie se joint pleinement à M. Mouchez pour proscrire l'usage du sextant dans les voyages terrestres, où la détermination des azimuts a une si grande importance pour remplir les détails de la carte. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques applications des fonctions elliptiques* (suite); par M. **Hermite**.

« J'ajouterai aux résultats de mon Mémoire les cosinus de direction des axes de la section invariable par rapport à l'axe instantané et aux axes du corps; ils sont :

$$\frac{m_1}{\sqrt{m_1^2+m_2^2}} = \mp \frac{\mathrm{Y}\,\mathrm{dn}(u+ia) - \mathrm{X}\,\mathrm{dn}(u-ia)}{2i\sqrt{\mathrm{XY}}\,\mathrm{dn}(u+ia)\,\mathrm{dn}(u-ia)},$$

$$\frac{m_2}{\sqrt{m_1^2+m_2^2}} = - \frac{\mathrm{Y}\,\mathrm{dn}(u+ia) + \mathrm{X}\,\mathrm{dn}(u-ia)}{2\sqrt{\mathrm{XY}}\,\mathrm{dn}(u+ia)\,\mathrm{dn}(u-ia)},$$

$$\frac{m_1 x_1}{a_1-\lambda} = - \frac{\mathrm{Y}\,\mathrm{sn}(u+ia) + \mathrm{X}\,\mathrm{sn}(u-ia)}{2\,\mathrm{cn}\,ia\sqrt{\mathrm{XYZ}}}, \qquad \frac{m_2 x_1}{a_1-\lambda_2} = \mp \frac{\mathrm{Y}\,\mathrm{sn}(u+ia) - \mathrm{X}\,\mathrm{sn}(u-ia)}{2i\,\mathrm{cn}\,ia\sqrt{\mathrm{XYZ}}},$$

$$\frac{m_1 x_2}{a_2-\lambda_1} = - \frac{\mathrm{Y}\,\mathrm{cn}(u+ia) + \mathrm{X}\,\mathrm{cn}(u-ia)}{2\,\mathrm{cn}\,ia\sqrt{\mathrm{XYZ}}}, \qquad \frac{m_2 x_2}{a_2-\lambda_2} = \mp \frac{\mathrm{Y}\,\mathrm{cn}(u+ia) - \mathrm{X}\,\mathrm{cn}(u-ia)}{2i\,\mathrm{cn}\,ia\sqrt{\mathrm{XYZ}}},$$

$$\frac{m_1 x_3}{a_3-\lambda_1} = \mp \frac{\mathrm{Y}-\mathrm{X}}{2i\,\mathrm{cn}\,ia\sqrt{\mathrm{XYZ}}}, \qquad \frac{m_2 x_3}{a_3-\lambda_2} = - \frac{\mathrm{Y}+\mathrm{X}}{2\,\mathrm{cn}\,ia\sqrt{\mathrm{XYZ}}},$$

où

$$\mathrm{X}^2 = 1 - k^2\,\mathrm{sn}^2 ib\,\mathrm{sn}^2(u+ia), \quad \mathrm{Y}^2 = 1 - k^2\,\mathrm{sn}^2 ib\,\mathrm{sn}^2(u-ia),$$

$$\mathrm{Z}(1 - k^2\,\mathrm{sn}^2 ia\,\mathrm{sn}^2 u) = 1,$$

$$\frac{n}{\sqrt{c}} = \pm \frac{2\,\mathrm{sn}\,i\sigma\,\mathrm{sn}\,i\tau}{\sqrt{\mathrm{sn}^2 i\tau - \mathrm{sn}^2 i\sigma}}.$$

Les doubles signes se rapportent aux cas de $m_3^2 \gtrless a_2$, avec la convention que, suivant que $a+b >$ ou $< \mathrm{K}'$, X, Y, ou bien $\mathrm{X}\,\mathrm{sn}(u-ia)$, $\mathrm{Y}\,\mathrm{sn}(u+ia)$ imaginaires conjugués, aient leur partie réelle positive. On tire ces expressions de (4). La substitution directe des valeurs x_1, x_2, x_3; m_1, m_2; λ_1, λ_2 donne des expressions assez simples, mais tout à fait différentes, et leur comparaison donne lieu à des formules remarquables.

» Les résultats dont on vient de voir l'indication succincte sont les premiers qui aient été ajoutés aux travaux de Jacobi dans la théorie de la

rotation; mais je dois signaler encore, en raison de l'intérêt que j'y attache, un point non mentionné dans le résumé précédent. Remplaçons, dans le plan invariable, les axes fixes Ox, Oy par deux autres également rectangulaires, mais mobiles, Ox_1, Oy_1, dont le premier soit constamment parallèle à la direction du rayon vecteur de l'erpoloïde; M. Chelini a introduit, en suivant la méthode de Poinsot, les angles des axes d'inertie avec les droites Ox_1, Oy_1, Oz, et donné ce système de formules, où $\mathfrak{r}$ désigne le rayon vecteur de l'erpoloïde,

$$\cos(x_1 x') = \frac{(\alpha-\delta)a''}{\mathfrak{r}},\quad \cos(y_1 x') = \frac{(\gamma-\beta)b''c''}{\mathfrak{r}},\quad \cos(z_1 x') = a'',$$

$$\cos(x_1 y') = \frac{(\beta-\delta)b''}{\mathfrak{r}},\quad \cos(y_1 y') = \frac{(\alpha-\gamma)c''a''}{\mathfrak{r}},\quad \cos(z_1 y') = b'',$$

$$\cos(x_1 z') = \frac{(\gamma-\delta)c''}{\mathfrak{r}},\quad \cos(y_1 z') = \frac{(\beta-\alpha)a''b''}{\mathfrak{r}},\quad \cos(z_1 z') = c''.$$

C'est le passage des neuf cosinus de M. Chelini à ceux de Jacobi, qu'il était important d'effectuer pour compléter la déduction analytique de la théorie de Poinsot, alors même que, par cette voie, on ne dût peut-être pas y arriver de la manière la plus rapide. Je renverrai, sur ce point essentiel, aux beaux Mémoires de M. Siacci, en me bornant à remarquer les relations suivantes, dans lesquelles $V_1 = v - iv'$:

$$\cos(x_1 x') + i\cos(y_1 x') = \frac{1}{\mathfrak{r}}AV_1,$$

$$\cos(x_1 y') + i\cos(y_1 y') = \frac{1}{\mathfrak{r}}BV_1,$$

$$\cos(x_1 z') + i\cos(y_1 z') = \frac{1}{\mathfrak{r}}CV_1,$$

et j'y ajouterai quelques formules relatives à l'erpoloïde.

» XIX. Si l'on met, au lieu de ξ, η, ζ, dans les équations du § XII, p. 984, les quantités suivantes :

$$\xi = p\rho,\quad \eta = q\rho,\quad \zeta = r\rho,$$

où p, q, r sont les composantes de la vitesse et ρ une indéterminée, on aura, pour déterminer la position de l'axe instantané de rotation par rapport aux axes fixes, les formules

$$x = (ap + bq + cr)\rho = v\rho,$$
$$y = (a'p + b'q + c'r)\rho = v'\rho,$$
$$z = (a''p + b''q + c''r)\rho = v''\rho,$$

dont la dernière est simplement $z = \delta\rho$. Or, l'erpoloïde étant la trace de cet axe mobile sur le plan tangent à l'ellipsoïde central, $z = \delta$, on voit qu'il suffit de faire $\rho = 1$ pour obtenir les coördonnées de cette courbe, exprimées en fonction du temps, ou de la variable ω. Nous avons ainsi $x = v$, $y = v'$; mais ce sont plutôt les quantités $x + iy$ et $x - iy$ qu'il convient de considérer, et je poserai en conséquence

$$x + iy = -in\frac{H'(0)\Theta_1(u-\omega)e^{i(\lambda u+\nu)}}{H_1(\omega)\Theta(u)} = \Phi(u),$$

$$x - iy = +in\frac{H'(0)\Theta_1(u+\omega)e^{-i(\lambda u+\nu)}}{H_1(\omega)\Theta(u)} = \Phi_1(u),$$

ce qui permettra d'employer les conditions caractéristiques

$$\Phi(u+2K) = \mu\Phi(u), \quad \Phi(u+2iK') = -\mu'\Phi(u),$$

$$\Phi_1(u+2K) = \frac{1}{\mu}\Phi_1(u), \quad \Phi_1(u+2iK') = -\frac{1}{\mu'}\Phi_1(u),$$

où j'ai fait

$$\mu = e^{2i\lambda K}, \quad \mu' = e^{\frac{i\pi\omega}{K} - 2\lambda K'}.$$

Elles montrent, en effet, que les produits $\Phi(u)\Phi_1(u)$, $D_u\Phi(u)D_u\Phi_1(u)$, et en général $D_u^m\Phi(u)D_u^n\Phi_1(u)$, quels que soient m et n, sont des fonctions doublement périodiques, ayant $2K$ et $2iK'$ pour périodes. En particulier, nous envisageons l'expression $D_u\Phi(u)D_u\Phi_1(u) = x'^2 + y'^2$, puis les coefficients de i dans les suivantes :

$$D_u\Phi(u)\Phi_1(u) = xx' + yy' + i(xy' - yx'),$$

$$D_u^2\Phi(u)D_u\Phi_1(u) = x'x'' + y'y'' + i(x'y'' - y'x''),$$

ces fonctions doublement périodiques donnant, par les formules connues, les éléments de l'arc, du secteur et le rayon de courbure. J'emploierai, pour les obtenir, la formule de décomposition en éléments simples, rappelée au commencement de ce travail (§ II, p. 694), et dont l'application sera facile, $\Phi(u)$ et $\Phi_1(u)$ ayant pour pôle unique $u = iK'$. N'ayant ainsi à considérer qu'un seul élément simple, $\frac{\Theta'(u)}{\Theta(u)}$, il suffit d'avoir les développements suivant les puissances croissantes de ε de $\Phi(iK' + \varepsilon)$ et $\Phi_1(iK' + \varepsilon)$; ils s'obtiennent comme on va voir.

» Je remarque d'abord que, au moyen de la fonction $\varphi_1(x, \omega)$, définie au § VI, p. 824, on peut écrire

$$\Phi(u) = C\varphi_1(u, -\omega)e^{\frac{i\delta u}{n}}, \quad \Phi_1(u) = C_1\varphi_1(x, \omega)e^{-\frac{i\delta u}{n}},$$

C et C_1 désignant des constantes. C'est ce que l'on voit en joignant aux relations précédemment employées,

$$i\lambda = \frac{i\alpha}{n} + \frac{\Theta'(\omega)}{\Theta(\omega)} = \frac{i\beta}{n} + \frac{\Theta'_1(\omega)}{\Theta_1(\omega)} = \frac{i\gamma}{n} + \frac{H'(\omega)}{H(\omega)},$$

la suivante :

$$i\lambda = \frac{i\delta}{n} + \frac{H'_1(\omega)}{H_1(\omega)},$$

qui résulte de la condition $\alpha - \delta = in\frac{\operatorname{sn}\omega \operatorname{dn}\omega}{\operatorname{cn}\omega}$ (§ XVII, p. 1186), en la mettant sous la forme

$$\frac{i\alpha}{n} - \frac{i\delta}{n} = D_\omega \log \operatorname{cn}\omega = \frac{H'_1(\omega)}{H_1(\omega)} - \frac{\Theta'(\omega)}{\Theta(\omega)}.$$

Cela posé, l'équation $i\varphi_1(u, \omega) = \chi(u, \omega + K + iK')$ montre qu'on a le développement de $\varphi_1(iK' + \varepsilon, \omega)$ en changeant simplement ω en $\omega + K + iK'$ dans la formule de la page 823 :

$$\chi(iK' + \varepsilon, \omega) = \frac{1}{\varepsilon} - \frac{1}{2}\Omega\varepsilon - \frac{1}{3}\Omega_1\varepsilon^2 - \frac{1}{8}\Omega_2\varepsilon^3 + \ldots,$$

et il vient ainsi, en nous bornant aux seuls termes nécessaires,

$$i\varphi_1(iK' + \varepsilon, \omega) = \frac{1}{\varepsilon} - \left(\frac{k'^2}{\operatorname{cn}^2\omega} + \frac{2k^2 - 1}{3}\right)\frac{\varepsilon}{2} - \frac{k'^2 \operatorname{sn}\omega \operatorname{dn}\omega}{\operatorname{cn}^3\omega}\frac{\varepsilon^2}{3} - \ldots.$$

» Désignons par S_1, pour abréger, la série du second membre, et par S ce qu'elle devient lorsqu'on change i en $-i$, c'est-à-dire ω en $-\omega$; puisqu'on a $\omega = iv$, on aura les expressions

$$\Phi(iK' + \varepsilon) = RSe^{\frac{i\delta\varepsilon}{n}}, \quad \Phi_1(iK' + \varepsilon) = R_1S_1e^{-\frac{i\delta\varepsilon}{n}},$$

où R et R_1 sont deux nouvelles constantes, dont la signification se montre d'elle-même. Il est clair, en effet, que ces quantités sont les résidus des fonctions $\Phi(u)$ et $\Phi_1(u)$ pour $u = iK'$, de sorte qu'on trouve immédiatement les valeurs

$$R = -ne^{\frac{i\pi\omega}{2K} - \lambda K' + i\nu}, \quad R_1 = +ne^{-\frac{i\pi\omega}{2K} + \lambda K' - i\nu}$$

et la relation $RR_1 = -n^2$. Voici maintenant les applications de nos formules.

» XX. Je pars des équations suivantes :

$$D_\varepsilon\Phi(iK' + \varepsilon)D_\varepsilon\Phi_1(iK' + \varepsilon) = -n^2\left(S' + \frac{i\delta}{n}S\right)\left(S'_1 - \frac{i\delta}{n}S_1\right),$$

$$D_\varepsilon\Phi(iK' + \varepsilon)\Phi_1(iK' + \varepsilon) = -n^2\left(S' + \frac{i\delta}{n}S\right)S_1,$$

$$D_\varepsilon^2\Phi(iK' + \varepsilon)D_\varepsilon\Phi_1(iK' + \varepsilon) = -n^2\left(S'' + \frac{2i\delta}{n}S' - \frac{\delta^2}{n^2}S\right)\left(S'_1 - \frac{i\delta}{n}S_1\right),$$

et je me borne à la partie principale des développements en faisant, dans les deux dernières, abstraction des termes réels; le calcul donne pour résultats

$$\frac{P}{\varepsilon^2} - \frac{n^2}{\varepsilon^4}, \quad -\frac{n\delta}{\varepsilon^2}, \quad -\frac{Q}{n\varepsilon^2},$$

si l'on écrit, pour abréger,

$$P = \frac{n^2 k'^2}{\mathrm{cn}^2\omega} + \frac{n^2(2k^2-1)}{3} + \delta^2,$$

$$Q = \frac{2n^3 k'^2 \,\mathrm{sn}\,\omega\,\mathrm{dn}\,\omega}{i\,\mathrm{cn}^3\omega} + \frac{3\delta n^2 k'^2}{\mathrm{cn}^2\omega} + \delta n^2(2k^2-1) + \delta^3.$$

Remplaçant donc $\frac{1}{\varepsilon^2}$ et $\frac{1}{\varepsilon^4}$ par $-D_\varepsilon \frac{1}{\varepsilon}$, $-\frac{1}{6} D_\varepsilon^3 \frac{1}{\varepsilon}$, on obtiendra, en désignant par C, C′, C″ des constantes,

$$x'^2 + y'^2 = C - PD_u \frac{\Theta'(u)}{\Theta(u)} + \frac{1}{6} n^2 D_u^3 \frac{\Theta'(u)}{\Theta(u)},$$

$$xy' - yx' = C' + n\delta D_u \frac{\Theta'(u)}{\Theta(u)},$$

$$x'y'' - y'x'' = C'' + \frac{Q}{n} D_u \frac{\Theta'(u)}{\Theta(u)}.$$

Employons enfin la relation $D_u \frac{\Theta'(u)}{\Theta(u)} = \frac{J}{K} - k^2\,\mathrm{sn}^2 u$, et l'on parviendra, en modifiant convenablement les constantes, aux expressions suivantes :

$$x'^2 + y'^2 = C + \left(n^2 - \delta^2 - \frac{n^2 k'^2}{\mathrm{cn}^2\omega}\right) k^2\,\mathrm{sn}^2 u - n^2 k^4\,\mathrm{sn}^4 u,$$

$$xy' - yx' = C' - \delta n k^2\,\mathrm{sn}^2 u,$$

$$xy'' - yx'' = C'' - \frac{Q}{n} k^2\,\mathrm{sn}^2 u.$$

Pour déterminer C, C′, C″, je supposerai $u = 0$; il suffira ainsi de connaître la valeur des fonctions $\Phi(u)$, $\Phi_1(u)$ et de leurs premières dérivées quand on pose $u = 0$; or on obtient, par un calcul facile dont je me borne à donner le résultat,

$$e^{-i\nu}\Phi(u) = -in\frac{\mathrm{dn}\,\omega}{\mathrm{cn}\,\omega} + \beta\frac{\mathrm{dn}\,\omega}{\mathrm{cn}\,\omega}u + i\frac{n^2k^2\,\mathrm{cn}^2\omega + \beta^2\,\mathrm{dn}^2\omega}{n\,\mathrm{cn}\,\omega\,\mathrm{dn}\,\omega}\frac{u^2}{2} + \ldots,$$

$$e^{+i\nu}\Phi_1(u) = +in\frac{\mathrm{dn}\,\omega}{\mathrm{cn}\,\omega} + \beta\frac{\mathrm{dn}\,\omega}{\mathrm{cn}\,\omega}u - i\frac{n^2k^2\,\mathrm{cn}^2\omega + \beta^2\,\mathrm{dn}^2\omega}{n\,\mathrm{cn}\,\omega\,\mathrm{dn}\,\omega}\frac{u^2}{2} + \ldots;$$

on en conclut

$$C = \beta^2\frac{\mathrm{dn}^2\omega}{\mathrm{cn}^2\omega}, \quad C' = n\beta\frac{\mathrm{dn}^2\omega}{\mathrm{cn}^2\omega}, \quad C'' = \beta\,\frac{n^2k^2\,\mathrm{cn}^2\omega + \beta^2\,\mathrm{dn}^2\omega}{n\,\mathrm{cn}^2\omega}.$$

Soit donc S l'aire d'un secteur, s la longueur de l'arc et R le rayon de courbure de l'erpoloïde, nous aurons

$$D_u S = n\left(\beta \frac{\mathrm{dn}^2\omega}{\mathrm{cn}^2\omega} - \delta k^2 \mathrm{sn}^2 u\right)$$

$$(D_u s)^2 = \beta^2 \frac{\mathrm{dn}^2\omega}{\mathrm{cn}^2\omega} + \left(n^2 - \delta^2 - \frac{n^2 k'^2}{\mathrm{cn}^2\omega}\right) k^2 \mathrm{sn}^2 u - n^2 k^4 \mathrm{sn}^4 u,$$

$$R = \frac{n\,\mathrm{cn}^2\omega \left[\beta^2 \frac{\mathrm{dn}^2\omega}{\mathrm{cn}^2\omega} + \left(n^2 - \delta^2 - \frac{n^2 k'^2}{\mathrm{cn}^2\omega^2}\right) k^2 \mathrm{sn}^2 u - n^2 k^4 \mathrm{sn}^4 u\right]^{\frac{3}{2}}}{\beta(n^2 k^2 \mathrm{cn}^2\omega + \beta^2 \mathrm{dn}^2\omega) - Q k^2 \mathrm{cn}^2\omega\, \mathrm{sn}^2 u}.$$

Ces formules donnent lieu à quelques remarques.

J'observerai, en premier lieu, qu'on tire de la première, en comptant l'aire à partir de $t = t_0$ ou $u = 0$,

$$S = n\beta \frac{\mathrm{dn}^2\omega}{\mathrm{cn}^2\omega} u - n\delta\left[\frac{J}{K} u - \frac{\Theta'(u)}{\Theta(u)}\right],$$
$$= nu\left(\beta \frac{\mathrm{dn}^2\omega}{\mathrm{cn}^2\omega} - \delta \frac{J}{K}\right) + n\delta \frac{\Theta'(u)}{\Theta(u)};$$

il en résulte que, u devenant $u + 2K$, le secteur s'accroît de la quantité constante

$$2n\left(\beta \frac{\mathrm{dn}^2\omega}{\mathrm{cn}^2\omega} K - \delta J\right),$$

ou, sous une autre forme,

$$2\sqrt{\frac{\delta - \alpha}{\gamma - \beta}}\,[(\gamma - \delta)\beta K - (\gamma - \beta)\delta J].$$

Je démontrerai ensuite que le trinôme en $\mathrm{sn}\,u$ qui se présente dans l'élément de l'arc, et dont les racines sont réelles et de signes contraires, a sa racine positive comprise entre 1 et $\frac{1}{k}$. En faisant, en effet, $\mathrm{sn}\,u = 1$, puis $\mathrm{sn}\,u = \frac{1}{k}$, nous trouvons pour résultats les quantités

$$\frac{\alpha^2(\gamma - \delta)(\delta - \beta)}{(\gamma - \beta)(\delta - \alpha)}, \quad \frac{\gamma^2(\beta - \delta)}{\gamma - \beta},$$

dont la première est positive et la seconde négative. On verra sans peine aussi qu'en introduisant $\mathrm{dn}\,u$ au lieu de $\mathrm{sn}\,u$, il prend la forme suivante, qui est assez simple :

$$\frac{\gamma^2(\beta - \delta)}{\gamma - \beta} - [\gamma(\alpha + \beta - 2\delta) - \alpha\beta]\,\mathrm{dn}^2 u - (\gamma - \beta)(\delta - \alpha)\,\mathrm{dn}^4 u.$$

Enfin, et en dernier lieu, je remarquerai que la constante désignée par Q,

qui entre dans le rayon de courbure, peut s'écrire ainsi :

$$Q = -4\delta^3 + 4(\alpha + \beta + \gamma)\delta^2 - 3(\alpha\beta + \alpha\gamma + \beta\gamma)\delta + 2\alpha\beta\gamma;$$

mais, malgré cette simplification, il paraît difficile de déduire de la formule qui détermine les points stationnaires,

$$k^2 \operatorname{sn}^2 u = \frac{\beta(n^2 k^2 \operatorname{cn}^2\omega + \beta^2 \operatorname{dn}^2\omega)}{Q \operatorname{cn}^2\omega},$$

les conditions sous lesquelles ces points seront réels ou imaginaires, et je ne m'y arrêterai pas. »

ÉLECTROCHIMIE. — *Nouvelles observations sur les réactions chimiques de l'effluve et sur l'acide persulfurique.* Note de M. BERTHELOT.

« 1. L'acide persulfurique se formant dans la réaction de l'acide sulfureux sur l'oxygène, il était naturel de penser que le même composé pourrait être obtenu directement au moyen de l'acide sulfurique anhydre

$$S^2O^6 + O = S^2O^7.$$

» C'est, en effet, ce que l'expérience a vérifié. Ayant introduit dans un tube à effluve un poids connu, 277 milligrammes d'acide sulfurique anhydre (contenu dans une ampoule scellée), j'ai fermé le tube, je l'ai rempli d'oxygène sec (60 centimètres cubes environ), et j'ai fait agir l'effluve, à forte tension, pendant huit heures. On a ensuite chauffé le bas du tube, pour disséminer quelques petites masses opaques d'acide sulfurique anhydre inaltéré ; puis on a fait agir de nouveau l'effluve, pendant quelques heures. Au bout de ce temps l'acide sulfurique avait disparu, et il se trouvait remplacé par une substance offrant l'aspect de l'acide persulfurique.

» Le volume du gaz disparu surpassait un peu 20 centimètres cubes, à 12 degrés. La matière obtenue offrait réellement la composition de l'acide persulfurique ; car elle a cédé à une solution titrée de sulfate ferreux un poids d'oxygène égal à $26^{\text{mgr}},2$; soit 9,5 centièmes par rapport à l'acide sulfurique : la théorie exige 10,0.

» Ces deux nombres sont aussi rapprochés qu'on pouvait l'espérer ; la moindre trace, soit d'humidité dans l'acide ou dans le gaz, soit d'alcali cédé par le verre, suffirait à expliquer la légère différence qui existe entre eux.

» 2. Il m'a paru utile de vérifier s'il ne s'exerçait aucune réaction entre l'acide sulfurique anhydre et l'oxygène secs, mis en présence dans un tube

tout pareil et abandonnés pendant une dizaine de jours, sans avoir éprouvé l'action de l'effluve. Or 364 milligrammes d'acide n'ont pas fixé, dans ces conditions, une proportion d'oxygène égale à $\frac{1}{12}$ de milligramme : résultat négatif qui sert à la fois de contrôle à la réaction elle-même et au procédé de dosage de l'oxygène fixé sur l'acide sulfurique.

» 3. L'acide persulfurique, une fois préparé, ne semble pas jouir d'une stabilité indéfinie, du moins lorsqu'on suspend l'action de l'effluve. En effet, les belles aiguilles cristallisées que l'on a obtenues d'abord commencent, au bout de quelques jours, à se désagréger et à se réduire en une sorte de neige très-atténuée, qui semble être soit de l'acide sulfurique anhydre, soit plutôt une combinaison des deux acides sulfurique et persulfurique. Cette désagrégation augmente peu à peu. Au bout d'un mois, vers 8 à 10 degrés, elle s'est étendue à peu près à la moitié de la matière. La même substance se produit au début, lorsqu'on fait agir l'effluve sur l'acide sulfurique anhydre en présence de l'oxygène : circonstance qui me porte à la regarder comme un composé intermédiaire.

» Il paraît donc que l'acide persulfurique, aussi bien que l'ozone et l'eau oxygénée, se détruit peu à peu de lui-même, lorsque l'énergie étrangère, sous l'influence de laquelle il a pris naissance, vient à cesser d'agir, c'est-à-dire de communiquer à la matière un état spécial et un genre de mouvements ou de vibrations particulier.

» 4. La formation de l'acide persulfurique, soit au moyen de l'acide sulfureux, soit au moyen de l'acide sulfurique anhydre, exige la présence d'un excès notable d'oxygène. Emploie-t-on seulement les quantités relatives indiquées par les équivalents, la réaction se fait mal et demeure incomplète. Cette circonstance s'explique, si l'on remarque que l'effluve exerce une double action : elle décompose, et elle combine; c'est ainsi qu'elle peut soit décomposer partiellement l'acide sulfureux en soufre et oxygène (*Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. X, p. 72), soit combiner ce même acide sulfureux avec l'oxygène pour former l'acide persulfurique.

» 5. En général, les composés binaires soumis à l'action de l'effluve ne se résolvent pas d'ordinaire en leurs éléments, par un dédoublement pur et simple; mais une partie se décompose, tandis que l'autre partie forme au contraire des combinaisons plus compliquées. Ainsi l'hydrogène sulfuré produit à la fois du soufre, de l'hydrogène et du polysulfure d'hydrogène; l'hydrogène phosphoré gazeux produit de l'hydrogène libre et du sous-phosphure solide; l'oxyde de carbone produit de l'acide carbonique et du sous-oxyde solides, le formène produit de l'hydrogène, de l'acétylène et des carbures résineux, etc., etc.

» Ces phénomènes d'équilibre entre la décomposition pure et simple et la formation des combinaisons complexes et condensées ne se présentent pas seulement dans l'étude des réactions provoquées par l'acte de l'électrisation, mais on les observe aussi dans l'étude des réactions provoquées par l'acte de l'échauffement. C'est précisément en m'appuyant sur des relations du même ordre que j'ai réussi à effectuer la synthèse pyrogénée des carbures d'hydrogène. Il est également probable qu'il se développe des équilibres analogues dans les effets chimiques produits par l'acte de l'illumination, ces effets étant caractérisés, par exemple, au sein des tissus végétaux, par une double tendance, d'une part, à la décomposition de l'acide carbonique avec mise en liberté d'oxygène et formation de combinaisons condensées; et, d'autre part, à la régénération de ce même acide carbonique aux dépens de l'oxygène libre et des principes organiques.

» Les équilibres qui accompagnent de telles synthèses électriques, pyrogénées, photogéniques, offrent un même caractère général : elles expriment la résultante de deux énergies opposées l'une à l'autre, savoir : l'énergie chimique, qui tend à réaliser entre les corps abandonnés à eux-mêmes les réactions (combinaisons, condensations, ou parfois décompositions) capables de dégager la plus grande quantité possible de chaleur; et, par opposition, l'énergie calorifique, lumineuse ou électrique, qui tend à provoquer et à effectuer les réactions contraires, celles-ci étant accomplies d'ordinaire avec absorption de chaleur (décomposition de l'acide carbonique, formation de l'ozone, de l'acide persulfurique, etc.). Parfois les effets se compliquent et se superposent, comme il arrive lorsque l'acétylène, engendré d'abord aux dépens du formène avec absorption de chaleur, se transforme ensuite en benzine et en autres carbures condensés avec dégagement de chaleur. Quoi qu'il en soit, si l'énergie favorable à la production des nouvelles combinaisons ainsi produites vient à cesser de s'exercer, les conditions d'équilibre qui en avaient déterminé et entretenu la formation cessent en même temps d'être réalisées, et il arrive souvent que les nouveaux composés se détruisent peu à peu et d'une manière illimitée. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les hydrates définis formés par les hydracides.* Note de M. BERTHELOT.

« 1. Les phénomènes thermiques qui se passent pendant la réaction successive de l'eau sur les hydracides, joints à l'étude des tensions des hydra-

cides anhydres dans leurs dissolutions, m'ont conduit à admettre l'existence de certaines combinaisons définies entre l'eau et l'hydracide. C'est par l'existence et les propriétés de ces combinaisons que j'ai expliqué les réactions inverses que développent les hydracides, suivant le degré de leur concentration : par exemple, la précipitation des sulfures métalliques par l'hydrogène sulfuré dans les chlorures dissous, et la redissolution inverse des mêmes sulfures par l'acide chlorhydrique concentré; les déplacements réciproques de l'acide cyanhydrique dans le cyanure de mercure par l'acide chlorhydrique concentré, et de l'acide chlorhydrique par l'acide cyanhydrique dans le cyanure de mercure étendu; ou bien encore la transformation de l'iode en acide iodhydrique par les dissolutions d'acide sulfhydrique et sulfureux, et la décomposition inverse de ce même hydracide par le soufre ou par l'acide sulfurique concentré (*Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. IV, p. 488, 500, 198; t. V, p. 456; 4e série, t. XXX, p. 494).

» Voici quelques observations nouvelles, propres à mettre en évidence, par des preuves directes, l'existence de plusieurs de ces hydrates.

» 2. En saturant l'eau de gaz bromhydrique, à une température voisine de zéro, j'ai obtenu un liquide dont la composition était très-voisine de $HBr + 2H^2O^2$: soit 2,045 H^2O^2; 2,061; 2,090 H^2O^2 dans trois expériences. J'ai pensé que le composé défini pourrait être préparé sous forme cristallisée, en faisant intervenir le refroidissement. En effet, le liquide précédent, placé dans un mélange refrigérant et traversé par un courant de gaz bromhydrique, n'absorbe plus que de faibles quantités de ce dernier; mais il ne tarde pas à se transformer en une masse blanche cristallisée. L'analyse de cette matière a donné :

		Théorie.
HBr	68,9	69,3
HO	31,1	30,7

Cet hydrate fond à — 11°.

» 3. Un composé analogue a été déjà obtenu avec l'acide chlorhydrique. En effet, j'avais observé que la dissolution de l'hydracide dans l'eau se rapproche de plus en plus de la composition $HCl + 2H^2O^2$, soit 2,17 et 2,26 H^2O^2 à — 12°. MM. Is. Pierre et Puchot ont réussi à préparer cet hydrate défini, $HCl + 2H^2O^2$ à l'état de cristaux, fusibles à — 18° (*Comptes rendus*, t. LXXXII, p. 46; 1876). J'ai fait récemment une nouvelle étude de cet hydrate, et j'en ai mesuré la chaleur de fusion. L'expérience n'est pas très-difficile, le corps pouvant demeurer à l'état de surfusion jusque vers — 22°

et au delà. Il suffit dès lors de dissoudre dans une grande quantité d'eau l'hydrate chlorhydrique, pris, d'une part à l'état de cristaux, d'autre part à l'état liquide à une même température, telle que $-18^\circ,5$. La différence entre les deux quantités de chaleur dégagées fournit la chaleur de fusion. Je l'ai trouvée égale à $-2^{Cal},47$ pour $HCl + 2H^2O^2$ ($71^{gr},5$).

» 4. Ce nombre donne lieu à quelques remarques. Il diffère à peine de la chaleur de fusion de l'eau que le corps renferme, rapportée à la même température, soit $-2,54$ (chaleur de fusion à zéro, diminuée, en valeur absolue, du produit de l'intervalle des températures par la différence entre les chaleurs spécifiques de l'eau liquide et de l'eau solide). Il ré-résulte de là que la formation de l'hydrate solide au moyen de l'eau solide dégage la même quantité de chaleur que la formation du même hydrate liquide, au moyen de l'eau liquide. Une telle relation rappelle celle qui existe entre la chaleur de fusion de l'eau et celle du phosphate de soude hydraté, laquelle surpasse seulement la première d'un douzième à $+30^\circ$, d'après un calcul fondé sur les nombres de Person. Un calcul analogue montre même que la chaleur de fusion du chlorure de calcium, $CaCl + 6HO$, à $28^\circ,5$, soit $-4,46$ (Person), est surpassée en valeur absolue par celle de l'eau que renferme le sel, soit $-5,06$ à la même température. Ce sont là des relations dignes d'intérêt, mais qu'il ne faudrait pas trop généraliser.

» 5. J'avais espéré pouvoir déterminer la chaleur spécifique de l'hydrate liquide, $HCl + 2H^2O^2$, entre -18° et $+12^\circ$: les nombres obtenus conduiraient à une chaleur spécifique très-voisine de l'unité (sous l'unité de poids). Mais cette valeur représente seulement une chaleur spécifique apparente, c'est-à-dire compliquée d'un phénomène de dissociation ; une partie du gaz combiné se dégage entre -18° et $+12^\circ$, et la chaleur absorbée dans cette décomposition, est nécessairement comprise dans l'évaluation précédente.

» 6. La chaleur de formation de l'hydrate cristallisé peut être évaluée à l'aide des résultats précédents, combinés avec mes anciennes expériences. En effet, ces expériences [1] conduisent à exprimer la chaleur dégagée par la formation de l'hydrate liquide vers 15 degrés, soit :

$$HCl + 2H^2O^2 \text{ dégage } +17,43 - 5,81 = +11,62.$$

Pour l'évaluer à -18 degrés, il faudrait connaître la chaleur spécifique de cet hydrate, ce qui n'a pu être fait. Si l'on admet, comme première ap-

---

[1] Voir *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. IV, p. 473.

proximation, qu'elle est égale à la somme de celles des composants, il suffira d'ajouter au nombre ci-dessus la chaleur de fusion; ce qui donne, pour la formation de l'hydrate cristallisé :

$$HCl + 2H^2O^2 \text{ dégage } + 14,1.$$

» 7. J'ai cherché également à déterminer la cristallisation de l'hydrate d'acide iodhydrique. Celui-ci, dans l'état liquide, ne présente pas la même composition que ses congénères; car il converge seulement, d'après mes essais, vers la formule $HI + 3H^2O^2$ (trouvé 2,95; 3,00 H^2O^2). Refroidi jusqu'à $-30°$, il n'a pas cristallisé. Cependant l'existence d'un tel hydrate défini est rendu probable par cette circonstance que la proportion d'hydracide dissous ne change que très-peu et à la façon d'une dissolution gazeuse proprement dite, lorsqu'on abaisse la température de saturation. En tout cas, la formation de cet hydrate liquide dégage $+15^{Cal},6$.

» 8. En résumé, voici la liste des hydrates d'acide les plus simples, tels qu'on peut les connaître :

» 1° $HCl + H^2O^2$ répondrait à $S^2O^8H^2 + H^2O^2$ cristallisé et peut-être aussi à un sous-hydrate $KHO^2 + H^2O^2$; mais il n'a pas été isolé.

» 2° $HCl + 2H^2O^2$, liquide et cristallisé. Sa formation dégage : dans l'état liquide, $+11^{C},6$; dans l'état solide, environ $+14,1$.

» $HBr + 2H^2O^2$, liquide et cristallisé. Sa formation dégage, dans l'état liquide : $+14,2$.

» Un tel hydrate paraît jouer un rôle essentiel dans la décomposition des sulfures de cuivre et de mercure, sulfures qui ne sont attaqués que par l'acide chlorhydrique au maximum de concentration. Il correspond avec l'hydrate $AzO^6H + 2H^2O^2$, révélé par divers caractères, composé dont la formation au moyen du gaz azotique, AzO^6H, et de l'eau liquide, $2H^2O^2$, dégage $+12,2$, c'est-à-dire un chiffre voisin des précédents. Rappelons encore l'hydrate $KHO^2 + 2H^2O^2$.

» Les hydrates qui renferment une proportion d'eau supérieure à $2H^2O^2$ ne sont connus que dans l'état liquide, leur point de fusion étant inférieur à $-35°$; comme le prouve la possibilité de former des mélanges réfrigérants au moyen de la neige et des hydrates plus concentrés.

» 3° $HI + 3H^2O^2$. Sa formation dans l'état liquide dégage : $+15^{Cal},6$.

» L'union de l'eau et des autres hydracides suivant les mêmes rapports dégage, pour HCl : $+13,6$; pour HBr : $+16,2$. Mais rien ne signale ici des corps définis.

» 4° $HBr + 4,5H^2O^2$, liquide, dégage : $+17,5$.

» $HI + 4,5 H^2O^2$, liquide, dégage : + 17,0.

» Une composition voisine de celle-là est indiquée par les points saillants des courbes thermiques et par l'étude de la tension des hydracides dissous (*Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. IV, p. 488). Ils répondent aux hydrates cristallisés : $BaHO^2 + 9HO$; $SrHO^2 + 9HO$.

» 5° $HCl + 6,5 H^2O^2$, liquide, dégage : + 14,0.

» Ce composé, signalé par l'étude des tensions de l'hydracide dissous et par divers autres caractères, répond à peu près à la limite vers laquelle se produit la précipitation des chlorures alcalins dissous par l'hydracide concentré, et à la limite vers laquelle se renverse la réaction de l'hydracide sur les sulfures d'antimoine et d'argent. Un hydrate pareil est signalé par la limite d'inversion des réactions de l'acide iodhydrique sur l'acide sulfureux gazeux, ou de l'hydrogène sulfuré sur le même hydracide mêlé d'iode. Certains signes indiquent aussi un hydrate azotique analogue (eau-forte des graveurs) : ce qui serait conforme d'ailleurs aux ressemblances si frappantes que les expériences thermiques manifestent entre les acides azotique et chlorhydrique.

» Ces hydrates divers jouent, comme je viens de le rappeler sommairement, un rôle capital dans la statique chimique des dissolutions. »

GÉOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Recherches expérimentales sur les cassures qui traversent l'écorce terrestre, particulièrement celles qui sont connues sous les noms de* joints *et de* faille. Note de M. **Daubrée** [1] (suite).

DÉDUCTIONS DES EXPÉRIENCES, EN CE QUI CONCERNE L'HISTOIRE DES JOINTS ET DES FAILLES.

« Au point de vue de la mécanique moléculaire, la régularité géométrique qui apparaît dans les fractures produites par la torsion me paraît mériter l'attention. Mais je dois me borner ici à indiquer sommairement quelques déductions qu'on peut en tirer au point de vue de la Géologie et de la Mécanique terrestre.

» En dehors de toute hypothèse, la division d'une plaque par de nombreuses fissures rectilignes et parallèles, qui la partagent en une série de parallélépipèdes plus ou moins réguliers, telle qu'on l'a obtenue par l'expérience, me semble trouver une analogie immédiate dans le phénomène encore inexpliqué de l'origine des failles ; car rien n'empêche de supposer

(1) Voir *Comptes rendus*, t. LXXXVI, p. 77, séance du 14 janvier 1878.

que, sur de plus grandes dimensions, les actions mises en jeu dans ces expériences ne puissent donner des résultats semblables [1].

» 1° Dans leurs traces horizontales, considérées à des niveaux différents, de même qu'à leurs affleurements, les failles présentent des configurations semblables à celles qui résultent des expériences précitées. Comme exemple, je rappellerai le massif de la Côte-d'Or, dans lequel les failles ont été relevées avec beaucoup de soin, tant en plan qu'en coupes verticales [2]; celles de la Haute-Marne [3], celles qui sont figurées sur diverses feuilles de la carte géologique d'Angleterre, etc.

» Les caractères des failles ont été étudiés d'une manière beaucoup plus complète dans les filons métallifères, qui dérivent de leur remplissage, grâce aux nombreuses galeries qui les poursuivent en tous sens. On connaît les plans de nombreux champs de fractures, avec filons, tels que ceux de la Saxe (Freyberg, Schneeberg, etc.), du Harz, du Cornouailles, du Derbyshire, du Flintshire, de la Lozère, etc. Les affleurements représentés sur ces plans ressemblent, d'une manière incontestable, dans leur ensemble et même dans plusieurs de leurs particularités, aux fissures artificielles dont il vient d'être question. Ainsi les failles présentent souvent des surfaces gauches, de même que les fissures produites par torsion; de plus, on voit des groupes de failles et de filons présenter un parallélisme, non-seulement dans leurs affleurements, mais aussi dans leur plongement [4]. C'est tout à fait la même ordonnance que montrent les fentes produites par torsion. De part et d'autre, c'est une tendance manifeste à la régularité et au parallélisme, avec des perturbations dont on comprend facilement les causes.

» 2° Outre les grandes failles qui peuvent être représentées sur des cartes et des coupes géologiques, il est d'innombrables petites failles qui leur sont juxtaposées et qui évidemment se sont produites dans les mêmes conditions.

---

[1] Outre les expériences dont j'ai rendu compte, j'ai pu constater sur une glace de dimensions beaucoup plus grandes, ayant $1^{m},80$ sur $0^{m},70$, une disposition semblable, mais plus régulière encore; sur toute son étendue elle était coupée par deux systèmes conjugués de fentes nombreuses. Cette glace, qui s'était brisée d'elle-même, avait probablement subi, par suite du mouvement de sa monture, une déformation du même genre que celles dont on vient de voir les résultats.

[2] Par M. Guillebot de Nerville, en 1853.

[3] Par MM. Élie de Beaumont et de Chancourtois, en 1862.

[4] Filons des *Consols* en Cornouailles et ceux du district de Maria Adalbert à Przibram, etc. (*Annales des Mines*, 6e série, t. XV, *Pl. III*).

Ainsi, quand on perça, à travers les Vosges, le tunnel qui devait servir à y faire passer le canal et le chemin de fer, on rencontra, à l'est de Sarrebourg, des couches de grès bigarré qui sont littéralement *hachées* de fissures verticales ; ces fissures sont souvent à moins d'un mètre d'intervalle, de sorte que leur ensemble présente l'aspect d'une stratification verticale. Chacune de ces fissures produit un petit rejet, et offre souvent sur ses parois des surfaces frottées, parfois même émaillées; elles méritent donc le nom de *failles*. Ces petites failles se rattachent aux failles considérables qui sillonnent le grès des Vosges, et qui sont particulièrement caractérisées vers la limite orientale de la chaîne, où elles produisent des rejets de plusieurs centaines de mètres, au pied desquels se trouve la plaine d'Alsace (¹). D'autres parties de la chaîne offrent des faits du même genre.

» Il en est exactement de même à proximité du massif de la Côte-d'Or, ainsi que le montrent également les tranchées faites pour le passage du chemin de fer, et particulièrement celles du tunnel de Blaizy (²); de toutes parts, on voit les couches coupées par une série de plans à peu près verticaux, très-rapprochés et comparables par leur fréquence et leur régularité avec les plans de stratification.

» Ces exemples suffisent pour faire comprendre en quoi consistent ces petites failles, qu'on pourrait qualifier de failles *secondaires* et qui font cortége aux grandes failles; les unes et les autres ont été formées dans des conditions semblables.

» Une association semblable ressort non moins clairement de l'étude des filons métallifères. Très-souvent aux filons métalliques sont juxtaposées des veines moindres qui leur sont parallèles, comme on le voit dans le département du Gard, et notamment dans le Rouvergue. Parmi les exemples sans nombre qu'il serait facile de citer, dans le Derbyshire et ailleurs, je rappellerai qu'en Cornouailles, comme l'ont observé La Bèche et M. Haughton, les filons principaux et les filons croiseurs sont en relation de parallélisme avec deux des systèmes de joints qui traversent le pays.

» Les transitions qui unissent les failles aux joints sont telles, qu'on peut être dans le doute sur le nom qu'il convient de donner à certaines fissures non accompagnées de rejet (³); d'autre part, de très-petites fissures sont parfois accompagnées d'un rejet fort visible; on peut le constater sur des

---

(¹) *Description géologique du Bas-Rhin*, p. 390; 1852.

(²) Coupe publiée par M. l'ingénieur Ruelle.

(³) Ce sont en quelque sorte les failles avortées.

échantillons de collection, par exemple sur le marbre dit ruiniforme de Florence.

» En résumé, des fissures extrêmement différentes par leur ordre de grandeur, depuis les grandes failles jusqu'aux joints, se montrent dans la nature, comme appartenant à une même famille, comme étant congénères.

» De même que les fissures naturelles, les fissures obtenues artificiellement présentent un parallélisme général, qui s'étend jusqu'aux moindres indices de fêlures, juxtaposées aux fissures principales. De part et d'autre, on observe souvent des groupes de fissures qui ont une tendance marquée au parallélisme, non-seulement pour leur affleurement, mais aussi pour leur plongement.

» La forte inclinaison que présentent les fissures artificielles sur la normale aux deux grandes faces de la plaque rend bien compte de l'écart quelquefois considérable que l'on trouve dans les failles par rapport à la verticalité.

» 3° Les joints qui traversent un même massif de roches sont très-souvent orientés parallèlement à trois, ou même quatre directions différentes. Ces systèmes multiples de joints ont été depuis longtemps observés par les ouvriers des ardoisières, qui avaient un grand intérêt à les reconnaître et qui, pour chaque direction, ont employé un nom spécial ([1]). Leur relation géométrique avec les couches et les feuillets a été relevée avec soin ([2]). D'autres exemples d'orientation régulière suivant plusieurs directions très-distinctes abondent; je me bornerai à renvoyer à ceux des environs de Cork, en Irlande, qui ont été très-bien décrits et figurés par M. Harkness ([3]).

» En général, on n'a pas admis, et M. Harkness lui-même est de cette opinion, que tous les systèmes de joints constituant ces réseaux pussent être contemporains. Cependant, en se reportant aux expériences précitées, on voit plusieurs systèmes de fractures orientées différemment, et qui sont produites simultanément par un seul effort. C'est ce qui peut souvent avoir eu lieu dans la nature.

» 4° Cette dernière conclusion paraît être aussi applicable à des failles ayant des orientations fort différentes : il peut y avoir eu également simul-

---

([1]) Layerons, layes, côtes, biaises, etc.

([2]) Exemples pour les Ardennes : Sauvage, *Statistique des Ardennes*. — Dumont, *Mémoire sur les terrains ardennais et rhénans* (p. 55 et suiv.). Les orientations des joints et des clivages sont relevés dans chaque carrière.

([3]) *Quarterly Journal*, t. XV, p. 86.

tanéité dans l'ouverture de deux systèmes, lors même qu'ils seraient rectangulaires entre eux. Si l'on relève avec soin sur une carte les failles d'un pays, on aperçoit, dans certains cas, des réseaux à mailles régulières, que reproduisent complétement nos réseaux de fissures artificielles. C'est ainsi que des études récentes de M. Hull et de M. Hardmann ([1]) ont fait reconnaître dans la région basaltique de l'Irlande deux et trois systèmes de failles qui paraissent bien être dans ces conditions.

» Qu'il s'agisse de failles ou de joints, un système de fractures unique semble être assez rare dans la nature. A travers des failles ouvertes suivant une direction déterminée, on en trouve ordinairement aussi selon une autre direction. Ces différents systèmes de failles ou de joints, lorsqu'ils se sont produits simultanément, peuvent être qualifiés, aussi bien que nos fissures, de *conjugués*.

» La différence d'âge qui a été souvent admise, depuis Werner, pour des systèmes de filons métallifères appartenant à un même champ de fractures et présentant des orientations très-différentes, est réelle dans certains cas; mais, comme on vient de le voir, elle ne doit pas être générale. C'est dans le remplissage de fissures appartenant à des directions diverses que peut le plus ordinairement se reconnaître un ordre de succession.

» 5° Outre les joints, les ouvriers qui exploitent diverses natures de pierres remarquent que leur résistance est faible selon certaines directions qui restent constantes à travers des massifs étendus, lors même que ces massifs sont formés de roches différentes. Dans le granite, on désigne souvent sous le nom de *fil* ou de *grain* ([2]) ce *minimum* de cohésion qui équivaut à un véritable *clivage*. Il est particulièrement connu des ardoisiers, qui lui ont donné différents noms : tel est le *longrain* des environs de Fumay et de Rimogne (Ardennes), qu'on distingue très-bien des deux systèmes de joints naturels auxquels il est associé; comme ces derniers, le clivage est perpendiculaire aux feuillets, mais il en diffère souvent par la direction ([3]).

» Ces clivages de roches paraissent formés par la même cause que les

---

([1]) *Journal of the geological Society of Ireland*, t. IV, p. 239; 1877.

([2]) Dans les carrières de marbre de Caunes, les ouvriers distinguent également, outre un système de joint ou *lèves*, un plan de rupture nommé *jas* ou *sens* (BRARD, *Minéralogie appliquée*).

([3]) SAUVAGE, *Géologie des Ardennes*. Les deux systèmes de joints naturels portent les noms de *nayes* et de *macrilles*.

joints, quoique moins apparents; ils ne méritent pas moins l'attention : ils en sont comme un diminutif et pourraient être qualifiés du nom de *joints virtuels*.

» Les plans de clivage que nous voyons naître à la suite de la torsion, au milieu des fissures, paraissent être les analogues de ces clivages naturels ([1]). Aux observations que j'ai faites antérieurement à leur sujet ([2]), j'ajouterai que les fissures *naissantes* qui correspondent à ces clivages présentent, sur leurs bords et surtout vers leurs extrémités, des indices de polarisation extrêmement nets et souvent très-énergiques.

» 6° Quand des phyllades sont coupés par des joints et par des clivages, ce qui est extrêmement fréquent, on reconnaît, en général, que ceux-ci et ceux-là sont postérieurs au développement de la schistosité. Cette postériorité s'explique; la masse pierreuse, qui était plastique lorsqu'elle a subi un écoulement qui lui a donné la structure schisteuse, devait être consolidée ou durcie lorsqu'elle s'est divisée en polyèdres.

» D'autres faits témoignent d'ailleurs également des pressions violentes que les roches schisteuses ont éprouvées, depuis qu'elles ont acquis leur feuilleté : tels sont les plissements de ces mêmes feuillets, et la déformation ou la rupture de certains cristaux qui y sont empâtés ([3]).

» 7° On a souvent cherché dans une direction de failles ou de joints la direction de la force qui les avait produits et avec laquelle on supposait celle-ci alignée. D'après les expériences qui précèdent, ce n'est pas dans cette direction unique, mais dans la disposition générale du réseau, dont le système de fissures fait partie, qu'il faut chercher des indices sur l'action mécanique, à laquelle les ruptures doivent être rapportées. C'est un résultat qu'a discerné avec perspicacité M. l'ingénieur des mines Potier, en étudiant les failles du bassin houiller du nord de la France; ainsi, dans les mines d'Auchy-au-Bois (Pas-de-Calais), les bissectrices des deux systèmes de failles font avec le méridien le même angle (de 50 degrés) que les affleurements dévoniens connus au sud du bassin.

([1]) Cela n'empêche pas d'ailleurs que, dans certains cas, des roches où la structure schisteuse n'est encore qu'à l'état rudimentaire puissent aussi avoir un *fil*, ainsi que je l'ai conclu de mes expériences sur la schistosité.

([2]) *Comptes rendus*, même volume, p. 82.

([3]) On ne saurait plus admettre la conséquence qu'a tirée de cette association M. Clarence King, dans un Mémoire étendu, savoir que les joints, comme la schistosité, sont dus à des actions polaires.

» Dans les expériences sur les plaques minces, ce sont aussi les bissectrices des lignes de fracture qui donnent, l'une la ligne neutre, l'autre la direction du plan dans lequel les glissements se produisent par la torsion.

» 8° Non-seulement des fractures, sous forme de joints, se rencontrent de toutes parts dans les parties où l'écorce terrestre a été notablement déformée, mais elles se montrent aussi, avec des caractères identiques, dans des corps extra-terrestres. Aucune météorite n'en présente un exemple plus caractérisé que le fer météorique de Sainte-Catherine, avec le craquelé qui s'y est produit suivant trois systèmes de plans, à peu près rectangulaires entre eux ([2]), et avec la magnétite cristallisée, qui s'est déposée dans ces innombrables fissures et qui les rend encore plus apparentes sur une surface polie.

» 9° Les joints, dont nous venons de faire l'étude expérimentale, doivent être distingués des joints de *retrait* ou de contraction, tels que ceux des prismes basaltiques; car ils ont une tout autre cause. Au lieu des mots *expansion* et *tension* qui leur ont été récemment appliqués ([1]), pour caractériser leur origine, celui de *glissement* me paraît mieux leur convenir, et je les désignerai d'une manière générale sous le nom de *joints de glissement*, qui rappelle le mouvement moléculaire auquel ils doivent naissance : les joints dus à la torsion n'en sont qu'un cas particulier.

» J'examinerai prochainement les dénivellations des failles et quelques faits généraux qui se rattachent également aux expériences précitées. »

THERMODYNAMIQUE. — *Les vibrations de la matière et les ondes de l'éther dans la phosphorescence et la fluorescence.* Note de M. FAVÉ.

« L'action réciproque des vibrations de la matière et des ondes de l'éther permet d'expliquer les phénomènes de la phosphorescence et de la fluorescence. On a donné le nom de *phosphorescence* à la production d'une lumière faible, visible dans l'obscurité; mais il y a deux cas à distinguer : dans l'un, la production de lumière est accompagnée d'un changement d'état du corps, et le fait se rattache à la Chimie, dont je ne parlerai point en ce moment; dans l'autre, la phosphorescence est un fait purement physique, et je vais l'examiner immédiatement.

([1]) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. LXXXIV, p. 482 et 1503; t. LXXXV, p. 1255.

([2]) NAUMANN, *Lehrbuch der Geognosie*, t. III, p. 509.

» Un diamant qui a été exposé à la lumière luit après cela pendant un certain temps dans l'obscurité. Comment expliquer cette propriété ? Le diamant a des vibrations constitutives synchrones avec des ondes de la lumière qui l'ont frappé. Ces ondes, ayant augmenté l'amplitude des vibrations, leur ont fait acquérir une force vive suffisante pour produire impression sur la rétine quand l'œil est abrité contre toutes les autres ondes lumineuses. Si la phosphorescence du diamant diminue graduellement et cesse tout à fait après quelque temps, c'est que le surcroît d'amplitude acquis par ses vibrations disparaît, par suite de la force vive communiquée à l'éther. . . . .

» M. Edmond Becquerel, dans ses importants travaux sur la phosphorescence et la fluorescence, a fait voir que la propriété constatée depuis longtemps pour le diamant s'étend à presque tous les corps. Un très-grand nombre de matières minérales et organiques ont été rendues phosphorescentes dans l'obscurité, après avoir été exposées pendant un temps convenable à la lumière solaire, à la lumière diffuse ou à la lumière d'une source convenable pour l'effet à obtenir. La lumière électrique convient mieux à un certain nombre de corps que la lumière solaire; elle rend la phosphorescence plus vive et plus durable. En enfermant les matières à éprouver dans les tubes de Geissler, pour y faire passer la décharge d'une machine de Ruhmkorff, et en ouvrant les yeux immédiatement après, on a constaté que la propriété de luire dans l'obscurité est presque générale, quoique, pour un grand nombre de corps, l'effet n'ait qu'une durée extrêmement courte.

» La phosphorescence fait voir des teintes différentes de celles qu'on voit à la lumière du jour. Sans doute l'œil est habitué à distinguer dans les ondes de la même longueur l'intensité avec laquelle elles lui arrivent, mais déjà les ondes phosphorescentes ont moins d'intensité que toutes celles du jour; en outre, une autre cause pour que la phosphorescence donne des impressions particulières, surtout quand elle est excitée par la lumière électrique, provient de ce qu'elle a des ondes plus courtes que celles de la lumière solaire. L'œil voit des teintes où entrent des ondes ultra-lumineuses du spectre. . . . .

» La phosphorescence est produite aussi, sans intervention d'aucune lumière, en frottant des morceaux de quartz l'un contre l'autre, en broyant du sucre, de la craie ou du chlorure de calcium, en clivant du mica. Dans ces circonstances, le travail de l'homme intervient pour augmenter la force vive des vibrations préexistantes, plus encore vraisemblablement que pour

en produire de nouvelles, et les vibrations propagent alors dans l'éther des ondes d'une intensité capable d'impressionner l'œil, surtout si cet organe est momentanément soustrait à l'action des ondes qui agissent habituellement sur lui.

» Le phosphore peut luire dans l'obscurité indépendamment de tout phénomène chimique, car il luit dans le vide, dans l'azote et dans l'hydrogène. La lumière que perçoit l'œil est due alors, sans aucun doute, aux vibrations du phosphore, qui propagent dans l'éther des ondes capables d'impressionner l'organe de la vue. Cette lumière cesse d'être visible quand la vapeur du phosphore est parvenue à une certaine densité; cela donne un premier exemple d'une vapeur absorbant à la température ambiante les ondes engendrées par les vibrations du même corps à l'état solide.

» Le phosphore perd sa phosphorescence dans plusieurs gaz; cela provient sans doute de ce que ces gaz ont des vibrations en concordance avec celles qui donnent ici l'effet de phosphorescence. Les ondes provenant des vibrations du phosphore servent à augmenter la force vive des vibrations du gaz et ne conservent pas l'intensité nécessaire pour impressionner l'œil. Si l'azote fait au contraire luire cette phosphorescence, c'est ou bien parce qu'il ne perd rien de sa force vive, toutes ses vibrations étant sans concordance avec celles qui font naître la lueur, ou bien au contraire parce qu'il acquiert lui-même la propriété phosphorescente. Les insectes qui luisent dans l'obscurité peuvent être phosphorescents, soit par une action physique, soit par une action chimique, comme celle du phosphore brûlant lentement dans l'air, ou bien comme celle de la décomposition de certaines matières organiques, par exemple des bois morts. Je dirai, sans aborder encore la question des compositions chimiques, que les vibrations de la matière peuvent être invoquées aussi dans ce cas comme cause de cette phosphorescence, qui ne diffère point de l'autre par ses effets.

» L'explication qui vient d'être donnée de la phosphorescence purement physique montre qu'on peut s'en servir pour déterminer la nature des vibrations constitutives des corps phosphorescents. Ainsi l'on peut utiliser à cet effet les expériences exécutées par M. Edmond Becquerel sur les sulfures de calcium, de baryum et de strontium. Après avoir collé sur une bande de papier une couche épaisse d'un des trois sulfures, il a fait agir sur lui la lumière solaire décomposée par le prisme, et il a observé l'action exercée en particulier par chacun des rayons, c'est-à-dire par chaque onde de longueur déterminée. En opérant ainsi, on distingue, sur la bande, des lueurs de diverses teintes, qui se montrent à des endroits particuliers du

spectre, entrecoupées par des parties obscures plus ou moins larges. Les lignes obscures de la bande correspondent, partie aux raies obscures du spectre, et partie, soit aux ondes du spectre solaire, qui sont absorbées et affaiblies par les vibrations isochrones du sulfure, soit aux ondes du spectre qui ne rencontrent point de vibration concordante. Les trois sulfures s'illuminent par places sous l'influence du spectre et la phosphorescence continue longtemps après que l'insolation a cessé. Les teintes varient naturellement d'un sulfure à l'autre, et aussi sur les différentes parties d'une même bande. La phosphorescence a lieu dans ces trois sulfures par l'effet des ondes ultra-lumineuses voisines du violet. Quand on analyse une lueur de cette sorte, on y découvre, outre l'onde ultra-lumineuse qu'on attendait, d'autres ondes de plus grande longueur appartenant au spectre lumineux; jamais on n'y a vu d'onde plus courte que l'onde d'origine. L'onde solaire qui a produit sur ce point la phosphorescence, en augmentant la force vive de la vibration synchrone, a pu renforcer par concordance celles des ondes lumineuses à l'état diffus, dont les longueurs étaient dans un rapport simple avec la sienne. Telle est, du moins, une explication que l'on peut tenter de ce fait remarquable, sans recourir à l'hypothèse de la transformation des vibrations.

» Un autre fait, qui a de l'analogie avec le précédent, paraît se prêter à une autre explication. Si l'on fait tomber sur une plaque métallique noircie des rayons lumineux voisins de la raie D qui correspond au jaune, la plaque noircie absorbe les ondes, s'échauffe et émet des ondes calorifiques qui continuent à se produire après que les ondes lumineuses ont cessé d'agir. La plaque n'émet donc pas les ondes du jaune qu'elle a reçues, mais des ondes plus longues, qui semblent avoir été engendrées, mais qui pouvaient exister dans la plaque et se trouver en concordance avec les ondes du jaune.

» Pour que la teinte d'une phosphorescence varie, il n'est pas nécessaire que ses ondes changent de longueur, il suffit que leurs intensités ne conservent pas exactement les mêmes rapports. Cette réflexion peut aider à l'explication de faits surprenants qui ont été constatés par M. Edmond Becquerel. Les teintes que donne le sulfure de calcium par phosphorescence dépendent de la provenance du carbonate de soude employé pour le préparer. Ce fait n'est pas seul du même genre.

» On prend un des sulfures de calcium, de baryum, de strontium, qui, conservé pendant longtemps à l'abri de la lumière dans un tube opaque et noirci, n'a plus aucune phosphorescence; on le chauffe et il émet de la lumière phosphorescente pendant quelques minutes, mais après cela il n'a

plus la propriété de luire par échauffement. Le sulfure recouvre la phosphorescence par insolation, la perd de nouveau dans l'obscurité quand il y reste pendant plusieurs jours et la recouvre pour quelques instants quand on le chauffe. Cela se comprend en admettant que, parmi les vibrations du sulfure qui produisent la phosphorescence, il y en a qui se lient à des vibrations de plus longue durée. C'est un mouvement combiné bien connu dans les vibrations sonores.

» Quand on chauffe une matière capable de donner une lumière blanche, la chaux, la magnésie ou le platine, les ondes visibles qui commencent vers 500 degrés donnent la couleur rouge; puis le spectre lumineux obtenu par réfraction s'allonge à mesure que la température augmente. Pour un fil de platine, le rouge apparaît à 525 degrés, et le spectre s'étend, à 1166 degrés, jusqu'à la limite du violet, visible. L'intensité de la chaleur est alors seize fois ce qu'elle était à 550 degrés. Les ondes de la lumière rouge ont dû, comme on voit, acquérir une grande intensité avant que les ondes du violet fussent en état d'affecter la rétine. Les vibrations rapides semblent ici se produire comme les harmoniques des vibrations plus lentes.

» Il suffit, comme on l'a dit, qu'il y ait dans un corps phosphorescent des vibrations qui varient d'intensité plus que les autres pour que la teinte change. Le sulfure de strontium présente cet effet d'une manière frappante; sa couleur passe du violet, quand il a la température de — 20 degrés, au bleu, au vert, au jaune, pour arriver à l'orangé quand la température s'élève à 200 degrés.

» La fluorescence, qui a beaucoup d'analogie avec la phosphorescence dans ses effets comme dans leur cause en diffère pourtant sur un point qui doit fixer l'attention. Un cristal de fluorine transparente recevant normalement un faisceau solaire est traversé par la lumière qui n'en éprouve aucun affaiblissement apparent; pourtant, si l'on place l'œil dans le prolongement de la face d'incidence, on voit que la couche du cristal, vivement éclairée, émet une lumière dont la teinte change d'un échantillon à l'autre. L'effet de la fluorescence n'est pas borné à la surface du cristal : il s'étend sur une certaine profondeur avec une décroissance marquée. Nous dirons qu'ici, dans la fluorescence, les vibrations en concordance avec les ondes lumineuses ou ultra-lumineuses du spectre solaire ont acquis une intensité suffisante pour produire la sensation. Les vibrations de la surface communiquent un peu de leur force vive à une seconde couche qui devient

fluorescente et ainsi de suite de proche en proche. La fluorescence éprouve à l'intérieur un décroissement provenant de ce que chaque couche dépense au profit de l'éther une partie de la force vive qu'elle a reçue. Si cette explication est fondée, la profondeur de la fluorescence pourra être augmentée en renforçant les ondes auxquelles le phénomène est dû.

» En projetant le spectre solaire sur une matière douée de fluorescence, on voit les raies du spectre tracer des lignes sombres d'une certaine profondeur, ce qui vient à l'appui de l'explication donnée. La profondeur qui luit varie pour des vibrations différentes, ce qui se comprend encore aisément.

» Parmi les renseignements que la phosphorescence et la fluorescence ont fournis sur les vibrations constitutives d'un certain nombre de corps, il en est plusieurs d'une importance exceptionnelle. L'azotate d'urane donne dans sa phosphorescence huit raies brillantes qui correspondent chacune à une raie d'absorption; ainsi, si l'on fait passer un spectre à travers ce sel, sa substance absorbe, à la température ambiante, les ondes qu'il émet par phosphorescence. En confirmant notre théorie, ce fait mérite l'attention qu'il a excitée comme un indice de l'extension aux corps solides de la loi de M. Kirchhoff relative aux gaz. On a commencé aussi à constater de la même manière des caractères communs à des composés d'une même base, notamment à ceux de l'alumine et de l'urane; je réunirai plus tard ces faits à ceux qui intéressent particulièrement les combinaisons chimiques.

» M. Tyndall a constaté l'absorption par l'acide bromique liquide des ondes lumineuses qui donnent à sa vapeur très-raréfiée un éclat éblouissant, et il en a conclu que les vibrations de l'acide liquide sont isochrones avec celles de l'acide gazeux. De plus il a vu là une preuve que c'est dans les atomes constituants de la molécule et non pas dans la molécule qu'est le siége de l'absorption, c'est-à-dire le mouvement vibratoire.

» Le sulfure de carbone, qui est incolore, étant renfermé dans un tube et soumis à l'action de la lumière du soleil polarisée, s'illumine, sur toute la longueur du tube et dans toutes les directions, d'une teinte blanche légèrement bleuâtre. La lumière du rouge polarisée produit dans le sulfure de carbone une fluorescence rouge et toute lumière simple polarisée y produit de même une fluorescence de sa couleur.

» M. Lallemand en a conclu avec raison que le liquide vibre à l'unisson de tous les rayons lumineux du spectre. Parmi les ondes ultra-lumineuses qui viennent le frapper, les unes ne produisent aucun effet visible, les autres donnent lieu à la fluorescence. »

MÉMOIRES LUS.

PHYSIQUE. — *Vibrations transversales des liquides.* Note de M. **P. Dubois.**

(Commissaires : MM. Bertrand, Faye, Jamin, Resal.)

« J'ai été conduit aux expériences dont je désire entretenir l'Académie par la pensée de substituer, pour l'étude expérimentale des vibrations des corps solides, au sable dont on se sert d'habitude, un liquide quelconque, l'eau par exemple. A cet effet, je pris un diapason, j'en mouillai l'une des branches et je la fis vibrer; aussitôt, le liquide se disposa en un quadrillage très-serré et parfaitement régulier. Peu à peu, la vibration s'affaiblissant, la division ne subsista plus que dans le sens perpendiculaire au grand côté du diapason, et finalement s'éteignit.

» Je délayai alors du vermillon dans l'eau et je recommençai l'expérience. Je vis le vermillon se déposer dans les sillons du liquide et marquer ainsi sur les branches du diapason la trace du phénomène. Quand la vibration cessait, des stries équidistantes restaient inscrites sur la branche et devenaient ainsi susceptibles de mesures. Je reproduisis le phénomène avec des diapasons vibrant électriquement, et je pus constater la différence d'écartement des stries pour ces diapasons différents. Enfin, en opérant avec des diapasons d'abord, puis avec des tuyaux sonores et des plaques vibrantes, je fus conduit aux deux lois suivantes, qui font le principal objet de cette Communication :

» 1° Deux sons produits par des instruments différents donnent le même écartement des stries, si ces deux sons ont même hauteur.

» 2° Deux sons de hauteurs différentes donnent des stries inversement proportionnelles aux nombres de vibrations des sons considérés.

» J'ai décrit plus haut le mode d'expérimentation que j'ai employé avec des diapasons; voici maintenant celui dont je me suis servi avec des tuyaux ouverts à l'une des extrémités. Le tuyau étant placé sur une soufflerie, je fixais par de la cire, à la partie ouverte, une petite bande de papier portant la liqueur chargée de vermillon; la vibration de l'air produisait immédiatement les stries. En répétant l'expérience à l'aide de tuyaux différents, je pus constater la deuxième loi avec une assez grande précision. J'ai vérifié la première en mesurant les écartements de deux sons, l'un donné par un diapason et grave, l'autre par un tuyau sonore et à l'octave aigu du premier. Le rapport de ces écartements était exactement $\frac{1}{2}$.

» Quant à la seconde loi, l'une des expériences qui m'a le plus donné foi dans son exactitude est la suivante : ayant adapté à la soufflerie un tuyau sonore de son fondamental assez grave, je constatai les divisions équidistantes; puis, en activant le jet d'air et produisant l'octave, je vis les premières divisions rester fixes; seulement, dans l'intervalle qui séparait deux d'entre elles, il vint s'en interposer une troisième, équidistante des deux premières.

» Lorsqu'on revenait à l'octave grave, les raies intermédiaires disparaissaient ([1]).

» Quant à l'explication de ces phénomènes, elle réside, je crois, dans l'existence de vibrations transversales du liquide, vibrations dont la longueur d'onde varie avec le son que l'on produit et dont les effets décrits plus haut marquent les nœuds de vibration.

» Dès lors, les distances des nœuds représentent la demi-longueur des ondes pour le son du diapason ou du tuyau sonore. Il est évident qu'elles sont inversement proportionnelles au nombre des vibrations. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

VITICULTURE. — *Sur quelques-uns des résultats obtenus dans le traitement des vignes phylloxérées.* Lettre de M. P. Boiteau, délégué de l'Académie, à M. Dumas.

(Renvoi à la Commission du Phylloxera.)

« Avant de parler des traitements du Phylloxera de la vigne, je dois relever une erreur qui m'a été signalée par M. Lichtenstein, et qui se rapporte à ma Note du 8 décembre dernier sur le *Phylloxera quercûs*. C'est en me basant sur les caractères donnés au genre Phylloxera par M. Boyer de Fonscolombe (trois articles distincts *au moins* aux antennes), et sur ceux donnés par M. Lichtenstein (le Phylloxera ailé pond des pupes et non des œufs) que j'avais confondu un insecte ailé du genre *Vaccuna* avec les insectes ailés du genre *Phylloxera*, qui ne seraient jamais pourvus que de

---

([1]) Mes premières expériences avaient été exécutées avec une installation assez imparfaite, telle que j'avais pu la réaliser moi-même. M. Jamin, en m'ouvrant les portes de son laboratoire de la Sorbonne, m'a donné les moyens de les répéter, avec des conditions de précision qui m'ont fait considérer comme certains les résultats que je n'avais fait d'abord qu'entrevoir.

trois articles aux antennes. La question reste donc entière et ma Communication sans valeur.

» Les expériences, faites pendant le courant de l'année qui vient de s'écouler, sur les traitements des vignes phylloxérées; nous ont démontré la valeur des méthodes, mais elles nous ont appris aussi que l'application avait quelquefois laissé à désirer.

» Les vignes traitées par le sulfure de carbone ont été débarrassées des insectes proportionnellement aux surfaces empoisonnées. Le rayon d'action du sulfure de carbone étant limité à 30 ou 35 centimètres, tous les insectes qui se trouvaient en dehors de cette zone ont été épargnés. L'application de cet insecticide ne devra pas se faire à l'avenir par cep, mais bien par surface carrée. L'action du sulfure de carbone, qui ne s'étend pas au delà de 35 centimètres de rayon, quand il n'y a qu'un seul foyer d'émission, agit sur la surface du carré circonscrivant la circonférence quand plusieurs sont en présence; de sorte que, dans la pratique, il faut au moins deux foyers d'émission par mètre carré, ce qui les rapporte à 70 centimètres environ les uns des autres, et cela en tous sens.

» La dose nécessaire est toujours de 10 grammes pour chaque foyer; les doses moindres donnent des résultats incomplets, et les doses supérieures n'ajoutent rien à la destruction. Les opérations doivent se faire par des temps humides, du mois de novembre au mois de mars.

» Les ceps traités l'hiver dernier ont fourni un chevelu abondant et peu atteint dans beaucoup de circonstances. Les effets ne se manifestent d'une manière sensible qu'aux mois de juillet et août.

» La réinvasion provient des portions de racines non débarrassées soit latéralement, soit superficiellement, et aussi des insectes logés sur la partie du cep qui se trouve à fleur de terre, quelquefois à quelques centimètres au-dessus. Les insectes qui se trouvent sur les racines superficielles sont souvent épargnés, parce que le sulfure de carbone, lorsqu'il arrive dans les couches supérieures du sol, s'échappe très-rapidement ou se trouve mélangé à de l'air qui se renouvelle facilement. Ceux qui sont fixés sur la partie inférieure de la souche ne souffrent nullement des émanations souterraines; mais leur destruction peut s'opérer à l'aide du liquide servant au badigeonnage.

» D'après ces indications, voici comment il faut opérer : dans les vignes plantées en carrés ou en quinconces, celles qui sont à des distances de $1^{m},40$ et au-dessous devront recevoir une injection à chaque cep et une injection dans le milieu de l'intervalle qui les sépare dans le sens des lignes;

dans le milieu des interlignes, on fera les injections en se basant sur celles qui ont été faites sur les lignes, de manière à les mettre en même nombre et en regard ou en les alternant. Dans les vignes qui sont à des distances de $1^m,40$ à $2^m,10$, on fera une injection au pied et deux injections au lieu d'une dans les intervalles soit des lignes, soit des rangs.

» En opérant de cette façon, on est certain d'empoisonner tout le cube de terre renfermant le système radiculaire. Dans les vignes avec cultures intercalaires, il faut faire deux rangs d'injections en dehors de la ligne des ceps.

» Les meilleurs instruments pour opérer l'application du sulfure de carbone sont ceux qui le déposent, sans le pulvériser, dans une chambre laissée au fond des trous. Le bouchage des trous doit se faire immédiatement et être aussi hermétique que possible.

» Une opération ainsi faite détruira, d'une manière presque complète, les insectes situés sur le système radiculaire profond. Ceux qui habitent le collet et la partie inférieure de la tige devront être empoisonnés, par les préparations servant au badigeonnage, lors de cette opération pour la destruction des œufs d'hiver. Pour atteindre ceux des racines tout à fait superficielles, il faudrait procéder par arrosage avec un liquide insecticide, le sulfocarbonate de potassium par exemple.

» Ces trois moyens combinés doivent laisser subsister bien peu d'insectes hypogés.

» Les badigeonnages pour la destruction de l'œuf d'hiver doivent s'opérer à l'époque que nous avons indiquée l'année dernière, c'est-à-dire en février et mars.

» Voici notre dernière formule pour la préparation de la solution mère :

Huile lourde de coaltar	2	parties.
Eau	2	»
Carbonate de soude	1	»

» Mélanger le tout et faire bouillir à très-petit feu pendant une heure. Cette solution mère, qui se trouve au $\frac{40}{100}$ d'huile lourde, doit être étendue au moment de l'application de neuf fois son poids ou son volume d'eau, ce qui la réduit au $\frac{1}{25}$ d'huile lourde. Toutes les fois qu'on veut prendre de la solution mère, il faut avoir soin de l'agiter. Après l'avoir mélangée à l'eau destinée à l'étendre, il faut battre fortement le tout, afin de diviser le plus possible les molécules huileuses.

» L'application se fait à l'aide d'un pinceau ou d'un appareil à projection.

» Les bourgeons peuvent être mouillés par cette préparation sans aucun danger et l'injection des ceps n'est plus à craindre si elle est agitée très-fréquemment. »

M. C. Cassius adresse une Note relative à l'emploi d'un composé de gélatine et de sulfocarbonate d'ammoniaque, pour la destruction du Phylloxera.

(Renvoi à la Commission du Phylloxera.)

M. L. Penet soumet au jugement de l'Académie un Mémoire sur les surfaces et lignes topographiques.

(Commissaires : MM. Faye, Villarceau.)

M. Cummings adresse une Note relative au choléra.

(Renvoi à la Commission du legs Bréant.)

M. Steimbrugger, M. Pierre adressent des Communications relatives à l'aérostation.

(Renvoi à la Commission des aérostats.)

L'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres ayant demandé qu'un Membre de l'Académie des Sciences soit adjoint à la Commission qu'elle a chargée de juger le Concours pour le prix Fould, M. J. Cloquet est désigné pour faire partie de cette Commission.

CORRESPONDANCE.

La Société des Arts et Sciences de Batavia informe l'Académie qu'elle célébrera, le 24 avril 1878, son premier centenaire.

MM. E. Laguerre, A. Cornu, L. Troost, Hétet, Gaugain, H. Duret, Oré, A. Houzeau, C. Bertrand, Parrot, C. Dareste, A. Manouvrier, L. Quélet, Dislere, Picot adressent des remercîments pour les récompenses dont leurs travaux ont été l'objet dans la dernière séance publique.

M. Dumas fait hommage à l'Académie, en son nom et au nom de l'éditeur, M. *Gauthier-Villars*, d'une seconde édition de ses « Leçons sur la Philosophie chimique, professées en 1836, au Collége de France ».

Ces Leçons avaient été rédigées à cette époque et publiées par M. Bineau, devenu plus tard professeur à la Faculté des Sciences de Lyon. La première

édition étant épuisée depuis longtemps, l'éditeur a été autorisé par M. Dumas à en faire paraître une seconde édition, avec la condition expresse que rien ne serait changé à la rédaction primitive.

M. J. **Bertrand** informe l'Académie qu'il vient de recevoir, de notre illustre Associé étranger, M. *W. Thomson*, les épreuves de quelques feuilles d'une seconde édition de son ouvrage sur la *Philosophie naturelle*.

Les physiciens et les mathématiciens seront heureux d'apprendre qu'ils pourront posséder bientôt une édition nouvelle de cet ouvrage, dont la publication avait eu un si grand retentissement dans le monde scientifique.

ASTRONOMIE. — *Découverte d'une petite planète à l'Observatoire de Toulouse*; par M. **Perrotin**. (Extrait d'une Lettre de M. Tisserand à M. Yvon Villarceau.)

« Le 29 janvier, M. Perrotin a rencontré une planète ayant pour position approchée, à 10 heures, temps moyen de Toulouse :

Ascension droite. $8^h 43^m 13^s$ Déclinaison..... $+18° 19'$ 12ᵉ grandeur.

» Le mauvais état du ciel n'a pas permis de faire des mesures précises dans la soirée du 30 janvier.

» D'une observation du 3 février, transmise par M. Tisserand, on déduit les mouvements diurnes :

En ascension droite.. -59^s En déclinaison...... $+3',4$

ASTRONOMIE. — *Découverte d'une petite planète à l'Observatoire de Marseille*; par M. **Cottenot**. (Extrait d'une Lettre de M. Stephan à M. Yvon Villarceau.)

1878.	Temps moyen de Marseille.	Ascension droite.	Distance polaire.	Log. fact. par. Ascension droite.	Log. fact. par. Distance polaire.	Observ.
Fév. 2...	$13^h 2^m 24^s$	$10^h 2^m 28^s,66$	$78° 51' 22''$	$-\bar{2},181$	0,6749	Cottenot.

Position moyenne de l'étoile de comparaison, pour 1878,0 :

Étoile de comparaison.	Ascension droite.	Distance polaire.	Autorité.
1319 Weisse (A. C.), H. IX...	$10^h 2^m 48^s,63$	$78° 43' 6'',4$	Cat. W.

» La planète est de 10ᵉ grandeur, son mouvement diurne approché en distance polaire est de — 9'. »

MÉCANIQUE GÉNÉRALE. — M. **Yvon Villarceau**, en présentant à l'Académie, de la part de M. *Cerruti Valentino*, ingénieur et professeur à l'Université de Rome, un Mémoire extrait des *Comptes rendus de l'Académie des*

Sciences physiques et mathématiques de Naples, donne lecture des passages suivants de lettres qu'il a reçues de cet ingénieur :

« 16 *janvier*. — La lecture de la Communication de M. Gilbert sur un théorème qui vous est dû, insérée dans les *Comptes rendus* des 31 décembre et 7 janvier dernier, m'a rappelé que peut-être ses résultats coïncident avec ceux que j'avais obtenus. »

« 27 *janvier*. — Je regrette infiniment de n'avoir pas su, lors de la publication de mon Mémoire, apprécier d'une manière convenable ce qu'on vous doit dans cette question; mais je réparerai ma faute, dans une Note que j'espère présenter prochainement à l'Académie des Lincei. »

» M. Yvon Villarceau a constaté, en effet, plusieurs points de ressemblance entre les propositions obtenues par MM. Gilbert et Cerruti; il croit néanmoins devoir signaler, en ce qui concerne le Mémoire de M. Cerruti, l'introduction de nouvelles combinaisons analytiques ayant quelques analogies avec les moments des forces et les moments d'inertie, puis la transformation du nouveau théorème pour le cas des axes mobiles.

» M. Cerruti joint au précédent Mémoire deux autres Mémoires intitulés : 1° *Sur les petites oscillations d'un corps rigide entièrement libre*; 2° *Considérations sur les chaleurs spécifiques*, en annonçant qu'il donnera prochainement suite à ces recherches.

M. **Yvon Villarceau**, en présentant à l'Académie un travail de M. *J. Lemoyne* (¹), professeur au lycée royal de Gênes, communique l'extrait suivant d'une Lettre qu'il a reçue de ce savant :

« J'ai lu, dans les *Comptes rendus*, les remarques que M. Gilbert fait sur votre théorème. Moi aussi, en l'étudiant, frappé des conséquences qu'on pouvait en déduire, j'ai fait quelques observations.... qui pourraient trouver place dans un travail d'ensemble concernant ce théorème. »

MÉCANIQUE. — *Notes sur quelques conséquences du théorème de M.* Villarceau. Note de M. J. **Lemoyne**, présentée par M. Yvon Villarceau.

« 1. Si plusieurs points se meuvent, divisés en groupes partiels, sur des surfaces sphériques ayant le même centre, en désignant par $P_1, P_2, P_3, \ldots$ la réaction de la surface pour les points $m_1, m_2, m_3, \ldots$ placés sur la sphère qui a R pour rayon, par $P'_1, P'_2, P'_3, \ldots$ la réaction de la surface pour les points $m'_1, m'_2, m'_3, \ldots$ placés sur la sphère de rayon R', ..., et par X, Y, Z les composantes, suivant les axes, des forces actives et des forces passives qui

(¹) Voir même page.

proviennent de liaisons possibles d'autre nature, l'origine des coordonnées étant d'ailleurs au centre commun des surfaces sphériques, le théorème de M. Villarceau prend la forme

$$\Sigma m v^2 = - R \Sigma P - R' \Sigma P' - R'' \Sigma P'' - \ldots - \Sigma (Xx + Yy + Zz).$$

S'il existe donc une fonction des forces *ne contenant pas le temps explicitement,* et si les forces passives provenant de liaisons d'autre nature n'existent pas, ou si simplement s'annule la portion du terme $\Sigma (Xx + Yy + Zz)$ relative à ces forces, la somme

$$R \Sigma P + R' \Sigma P' + R'' \Sigma P'' + \ldots$$

dépendra seulement des coordonnées des points.

» Ce cas aura donc lieu si les points se meuvent sous l'action unique de forces attractives ou répulsives. Le cas plus simple possible est celui du pendule.

» 2. Considérons un système de points qui se meuvent sous la simple action de forces mutuelles attractives, sans autres liaisons que ces mêmes attractions mutuelles, et la fonction V des forces qui existe d'après l'hypothèse qu'elle soit une fonction homogène du $n^{\text{ième}}$ degré.

» En référant les points du système à des axes parallèles aux premiers, menés par le centre de gravité du système, en désignant par W la force vive du système par rapport aux axes nouveaux, ou *la force vive relative,* par ω le rayon vecteur du point (x, y, z) tiré du centre de gravité qui se meut uniformément, le théorème de M. Villarceau se transforme aisément dans l'équation

$$\frac{1}{2} \frac{d^2}{dt^2} \Sigma m \omega^2 = W + n V.$$

» Or, si le système est supposé stationnaire, et si la loi d'attraction est la newtonienne $(n = -1)$, la somme $\Sigma m \omega^2$ prenant successivement des valeurs maxima et minima, la différence $W - V$ entre la force vive relative et le potentiel change de signe chaque fois en vertu de l'équation précédente.

» Donc le théorème dont il s'agit contient aussi cette conséquence que, dans un système stationnaire de points en mouvement sous l'action de l'attraction newtonienne, tel que le système solaire, la force vive relative oscille continuellement autour de la valeur du potentiel ; ce qui a été démontré autrement par Jacobi [1]. »

---

[1] *Vorlesungen über Dynamik,* leçon 4e.

ASTRONOMIE. — *Sur l'emploi des méthodes graphiques pour la prédiction des occultations ou éclipses.* Note de M. **Hatt**, présentée par M. Yvon Villarceau.

« Dans une Note présentée à l'Académie le 24 décembre 1877, M. Tissot a montré que l'usage des constructions graphiques pour prédire les occultations ou éclipses était fort ancien.

» Je ne m'occuperai donc que des perfectionnements que cette méthode a pu recevoir, tant au point de vue de l'exposition qu'à celui des applications pratiques.

» A ce double point de vue, la première partie de l'ouvrage publié en 1860 par M. Bach, sous le titre : *Calcul des éclipses de Soleil par la méthode des projections*, me semble réunir toutes les conditions de clarté et de simplicité désirables: Les constructions que M. Lœwy a présentées à l'Académie, le 3 décembre 1877, de la part de M. Baills, sont presque textuellement celles qu'a adoptées M. Bach, il y a dix-huit ans. Quelques différences très-légères, que l'on pourra relever, sont plus apparentes que réelles et ne peuvent, en aucune façon, s'interpréter dans le sens d'un perfectionnement. M. Bach s'est occupé uniquement des éclipses de Soleil; mais il est de toute évidence que ce problème comprend, comme cas plus simple, celui des occultations d'étoiles par la Lune. M. Bach, pour déterminer graphiquement toutes les circonstances du phénomène, a immobilisé le Soleil, en reportant sur la Lune tout le mouvement relatif des deux astres; M. Baills a immobilisé la Lune par rapport à l'étoile, ce qui revient à un simple changement de signe. En présence de deux procédés presque identiques, la question de priorité n'est pas douteuse.

» Il semble, aussi, presque inutile de revendiquer, en faveur du procédé de M. Bach, les qualités pratiques que M. Lœwy a bien voulu accorder à celui de M. Baills; si j'en parle, c'est pour montrer que l'auteur s'est préoccupé de ce côté particulier de la question, et qu'il a donné, dans son ouvrage, plusieurs exemples d'application de ses méthodes, en indiquant spécialement le degré d'approximation sur lequel il croit pouvoir compter.

» Le procédé de M. Bach est, du reste, connu et employé depuis plus de dix ans, au Dépôt de la Marine, par les ingénieurs et officiers faisant partie de cet établissement; je m'en suis servi, à l'occasion, pour prédire des éclipses de Soleil, et d'une manière courante, pour me préparer aux

observations d'occultations d'étoiles par la Lune. Un hasard heureux m'a fait conserver, et me permet de produire, à l'appui de cette assertion, une épure construite et autographiée à Saïgon, en 1867, pour la détermination des circonstances principales de l'éclipse de Soleil, du 18 août 1868.

» J'ajouterai encore que la mission, à la tête de laquelle se trouvait M. Bouquet de la Grye, et qui était chargée d'observer le passage de Vénus à l'île Campbell, a employé cette méthode, pour préparer à l'avance toutes les observations d'occultations d'étoiles par la Lune, qui pouvaient être utilisées pour la détermination de la longitude.

» Enfin je prierai l'Académie d'agréer l'hommage d'un exemplaire du Mémoire de M. Bach, qui a obtenu une médaille d'argent au Concours des Sociétés savantes, en 1865. »

MÉCANIQUE. — *Quelques observations sur une nouvelle Note de M.* Boussinesq, *relative à la théorie des plaques élastiques.* Note de M. MAURICE LEVY.

« 1. Une Note insérée au *Compte rendu* du 14 janvier, dans laquelle M. Boussinesq, par des considérations empiriques, obscurcit une question extrêmement claire, m'oblige à fatiguer encore une fois l'Académie d'une discussion que je tiens pour close.

» M. Boussinesq me reproche de réduire, *sans le moindre essai de démonstration,* les pressions extérieures à l'effort tranchant et aux couples de flexion et de torsion; ces quantités sont, dit-il, *des fictions que j'aurais dû discuter avant de m'en servir.* C'est précisément cette discussion dont je me suis dispensé que, lui, M. Boussinesq, aurait faite en s'appuyant sur *un principe incontesté.* Il ajoute que l'effort tranchant et les couples de flexion et de torsion, éléments bons tout au plus pour le géomètre, sont, pour le physicien, *des fictions sans valeur.* Ce qui, suivant lui, n'est pas, pour le physicien, une fiction sans valeur, mais une « réalité », c'est, je cite textuellement, *la somme de l'effort tranchant et de la dérivée en s du couple de torsion.*

» 2. Incontestés ou non, les principes de M. Boussinesq ne sauraient prévaloir contre les théorèmes fondamentaux de la Mécanique.

» Or, si l'on considère l'ensemble des pressions extérieures et intérieures appliquées le long d'une génératrice du cylindre qui termine la plaque, le principe de la réaction égale et contraire à l'action nous dit que ces pressions sont deux à deux égales et opposées; par suite, leurs résultantes de translation sont elles-mêmes égales et opposées, ainsi que leurs couples

résultants; en d'autres termes et en introduisant les expressions définies dans ma Note du 31 décembre, en chaque point du pourtour de la plaque, les efforts tranchants extérieur et intérieur se font équilibre, ainsi que les couples de flexion extérieur et intérieur et les couples de torsion extérieur et intérieur.

» Ce sont les trois équations à la surface de Poisson; on voit par là qu'elles ne sont pas basées sur telle ou telle hypothèse, qu'il n'est besoin d'*aucun principe particulier* pour les écrire ou pour discuter les éléments qui y entrent; elles sont *rigoureuses*.

» Ainsi, les trois fonctions que j'ai appelées *les efforts tranchants, les couples de torsion et de flexion,* et qui, dans toutes les théories imaginables des plaques, dans celle que préconise M. Boussinesq, comme dans celle de Poisson, comme dans la mienne, forment les trois inconnues fondamentales du problème, les seules qui entrent dans les équations différentielles à intégrer, celles dont toutes les autres se déduisent par de simples calculs algébriques, sont *rigoureusement,* et en vertu du seul principe de l'égalité de l'action et de la réaction, assujetties à *trois* conditions à la surface.

» En vertu des principes particuliers à M. Boussinesq, ces mêmes fonctions ne seraient assujetties qu'à deux conditions à la surface.

» Donc, ou c'est la Mécanique qui a tort ou c'est M. Boussinesq et ses principes.

» Vainement on tentera d'obscurcir la question par des considérations vagues, par des mots non définis, comme « les fictions sans valeur » du géomètre opposées aux « réalités » du physicien. *On ne conciliera pas ce qui est inconciliable.*

» J'ai montré dans mon Mémoire et dans ma Note du 31 décembre que les raisonnements à l'aide desquels M. Boussinesq a cru y être parvenu sont *absolument* inacceptables; que déjà faire tourner les couples de torsion dans leurs plans, sur les bords de la plaque, peut conduire à de graves mécomptes et, en outre, ne servirait de rien, ne permettrait en aucune façon de réduire à deux les trois conditions à la surface de Poisson; que, pour que cette réduction devienne légitime, il est de toute nécessité qu'on fasse tourner les couples sur tout élément superficiel vertical pris à l'intérieur de la plaque.

» A la démonstration que je donne de ce fait, M. Boussinesq répond purement et simplement qu'une fonction qui s'annule sur le contour d'une courbe fermée ne s'annule pas pour cela à l'intérieur de cette courbe;

rien n'est plus vrai; mais rien n'est plus étranger à la question et à ma démonstration.

» La fonction dont il s'agit ici est le couple de torsion; si elle s'annulait véritablement sur le pourtour de la plaque, il ne s'ensuivrait certainement pas qu'elle s'annulât aussi à l'intérieur; mais elle ne s'annule pas sur le pourtour, puisque rien n'exprime que cette condition doive être remplie; M. Boussinesq *s'en débarrasse*, ce qui n'est pas du tout la même chose; il s'en débarrasse, précisément en faisant tourner les couples de torsion dans leurs plans pour les *composer* avec les efforts tranchants. Or, s'il faisait tourner ces couples dans leurs plans aux divers points d'une courbe fermée quelconque S, soit celle de pourtour, soit tout autre, sans faire la même opération le long de toute courbe S′ infiniment voisine, il s'ensuivrait que le couple de torsion serait, après cette opération, nul suivant S et *fini* suivant S′, ce qui est absurde, incompatible avec l'équilibre du parallélépipède élémentaire; la faisant sur S′, il faut qu'il la fasse de même sur toute courbe voisine S″ et ainsi de suite, partout.

» Or, cela détruit de fond en comble la prétendue théorie des perturbations locales le long des bords de la plaque, seul fondement sur lequel M. Boussinesq essaye encore de s'appuyer.

» Ainsi, M. Boussinesq est obligé de supposer les couples de torsion nuls partout. Or, si, après les avoir supposés tels, il met le problème en équation d'après ses procédés, qu'il le résolve au moyen de *ses propres équations*, qu'il calcule ces mêmes couples qu'il a supposés nuls, il trouvera qu'ils ne sont pas nuls du tout, ni sur les bords, ni ailleurs. Cela tient à ce qu'en les supposant nuls, on fait une hypothèse incompatible, en général, avec les conditions d'équilibre ou les équations du mouvement intérieur de la plaque, de sorte que les résultats obtenus ne peuvent qu'être contradictoires.

» On voit combien tout cela est inacceptable pour qui veut se rendre compte des choses et ne pas rester le jouet d'une de ces analyses louches et équivoques qui, d'approximations en principes incontestés, conduisent à tout ce que l'on veut.

» On voit aussi que la divergence entre M. Boussinesq et moi ne provient pas, comme le croit mon contradicteur, de ce que nous poursuivons des buts différents, mais de ce que je poursuis un but très-clairement défini, tandis que M. Boussinesq en poursuit un indéfinissable, sur la route duquel il ne peut rencontrer qu'obscurité et contradictions.

» 3. Maintenant, pour finir, un mot sur un autre point. M. Boussinesq,

après avoir, à la fin de sa Note, parlé du problème de Poisson, termine ainsi : « J'ai indiqué à la fin de ma Note du 17 décembre une infinité de » solutions de ce problème *essentiellement indéterminé.* »

» Cette remarque, que le problème de Poisson, malgré ses *trois* conditions à la surface, non-seulement n'est pas impossible (*quoique les équations de Poisson le soient*), mais indéterminé, est très-juste; on peut la lire dans les chapitres II et III de mon Mémoire et particulièrement aux pages 258 et 259 (*Journal de M. Resal*).

» Les solutions en nombre infini que M. Boussinesq déclare avoir données de ce problème constituent un cas très-particulier de la solution donnée par les équations (17) de la page 258 de mon Mémoire. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la formule* $2^n - 1$. Note du P. **Pepin**.

« Parmi les théorèmes que j'ai obtenus dans mes recherches sur les résidus de puissances, il en est un qui donne pour reconnaître les nombres premiers, compris dans la formule $2^n - 1$, un critérium analogue à celui que j'ai eu l'honneur de communiquer à l'Académie, dans sa séance du 6 août 1877.

» Ce théorème se rapporte à deux nombres premiers, dont l'un $p = 4l + 1$, l'autre $q = 4l + 3$. Soit $p = a^2 + b^2$. Le nombre complexe équivalent, suivant le module q, au rapport $\frac{a - b\sqrt{-1}}{a + b\sqrt{-1}}$ est racine de la congruence $x^{q+1} \equiv 1 \pmod{q}$, et on l'appelle résidu quadratique ou non-résidu de q, suivant qu'il vérifie la congruence

$$(1) \qquad \left(\frac{a - b\sqrt{-1}}{a + b\sqrt{-1}}\right)^{\frac{q+1}{2}} \equiv 1 \pmod{q},$$

ou la congruence

$$(2) \qquad \left(\frac{a - b\sqrt{-1}}{a + b\sqrt{-1}}\right)^{\frac{q+1}{2}} \equiv -1 \pmod{q}.$$

» Les deux nombres p et q présentent une réciprocité exprimée par le théorème suivant :

» I. *Le rapport complexe* $\frac{a - b\sqrt{-1}}{a + b\sqrt{-1}}$ *est résidu quadratique ou non-résidu*

du nombre premier q, suivant que ce dernier nombre est lui-même résidu ou non-résidu quadratique de $p = a^2 + b^2$.

» On sait que le nombre $2^n - 1$ ne peut être un nombre premier qu'autant que l'exposant n est lui-même premier. Soit n premier et proposons-nous de reconnaître si le nombre $q = 2^n - 1$ est premier ou composé. Nous prendrons pour cela un nombre premier $p = a^2 + b^2$ dont le nombre q soit non-résidu quadratique. Par exemple, si $n = 4l + 3$, nous prendrons le nombre 5, qui satisfait à cette condition. Si le nombre q est premier, on conclut du théorème précédent que le rapport $\frac{a - b\sqrt{-1}}{a + b\sqrt{-1}}$ est non-résidu quadratique de q, c'est-à-dire qu'il vérifie la congruence (2).

» Réciproquement, si la congruence (2) est vérifiée, le nombre q est premier. En effet, s'il n'est pas premier, il admet un diviseur premier $Q = 4l + 3$, et le rapport complexe considéré vérifie la congruence

$$(3) \qquad \left(\frac{a - b\sqrt{-1}}{a + b\sqrt{-1}}\right)^{q+1} \equiv 1 \pmod{Q}.$$

» D'ailleurs on conclut de la formule (2), en l'élevant au carré, que ce même rapport est racine de la congruence $x^{q+1} \equiv 1 \pmod{Q}$. Il vérifie donc la formule

$$(4) \qquad \left(\frac{a - b\sqrt{-1}}{a + b\sqrt{-1}}\right)^{2^\alpha} \equiv 1 \pmod{Q},$$

2^α désignant le plus grand diviseur commun des deux nombres $Q + 1$ et $2^n = q + 1$. Si α est inférieur à n, on trouvera un nombre entier β, positif ou nul, vérifiant la condition $\alpha + \beta = n - 1$. Puis, en élevant les deux membres de la formule (4) à la puissance 2^β, on obtiendra

$$\left(\frac{a - b\sqrt{-1}}{a + b\sqrt{-1}}\right)^{2^{n-1}} \equiv 1 \pmod{Q}.$$

» D'ailleurs, Q étant diviseur de q, on déduit de la formule (2)

$$\left(\frac{a - b\sqrt{-1}}{a + b\sqrt{-1}}\right)^{2n-1} \equiv -1 \pmod{Q}.$$

» Ces deux résultats étant incompatibles, nous concluons que notre hypothèse est inadmissible, α n'est pas inférieur à n. Le nombre $Q + 1$ est donc multiple de 2^n, et, comme le nombre Q est diviseur de $2^n - 1 = q$, il faut nécessairement admettre que le nombre premier $Q = 2^n - 1 = q$.

Ainsi, la congruence (2) exprime la condition nécessaire et suffisante pour que le nombre $q = 2^n - 1$ soit premier.

» Or, si nous posons

$$u_\alpha \equiv \frac{(a - b\sqrt{-1})^{2^\alpha} + (a + b\sqrt{-1})^{2^\alpha}}{(a^2 + b^2)^{2^{\alpha-1}}} \pmod{q},$$

nous aurons la relation $u_{\alpha+1} = u_\alpha^2 - 2$, et la congruence

$$u_{n-1} \equiv 0 \pmod{q},$$

sera équivalente à la congruence (2). Notre critérium peut donc s'énoncer de la manière suivante :

» II. *Soit* $u_1 \equiv 2\dfrac{a^2 - b^2}{a^2 + b^2} (\text{mod. } q = 2^n - 1)$; *formons la suite* $u_1, u_2, \ldots u_{n-1}$ *au moyen de la congruence*

(5) $$u_{\alpha+1} = u_\alpha^2 - 2 \pmod{q};$$

la condition nécessaire et suffisante pour que le nombre $2^n - 1$ *soit premier est que le dernier terme de cette suite,* u_{n-1}, *soit divisible par ce nombre.*

» Le choix du nombre $p = a^2 + b^2$ dépend de la forme de l'exposant n; soit $n = 4l + 3$; on peut prendre $p = 5$, car on a

$$q = 2^{4l+3} - 1 = 2 \pmod{5},$$

de sorte que le nombre q est non-résidu quadratique de 5. On a donc

$$u_1 \equiv 2\frac{(4-1)}{4+1} \equiv \frac{6}{5} \pmod{q}.$$

» Il faut donner à u_1 une valeur entière, car autrement le nombre des calculs serait double. On peut y parvenir d'une manière générale en prenant

(6) $$\begin{cases} u_1 = \dfrac{2(4-1) + 2(2^{4l+3} - 1)}{4+1} = 4\dfrac{1 + 4^{2l+1}}{1+4}, \\ u_1 = 4(4^{2l} - 4^{2l-1} + \ldots + 1). \end{cases}$$

» Si $n = 8l + 5$, on a $q = 2^{8l+5} - 1 \equiv -3 \pmod{17}$, et, comme -3 est non-résidu de 17, il en est de même du nombre q. Prenant donc $p = 4^2 + 1$, on a

$$u_1 \equiv 2\frac{4^2 - 1}{4^2 + 1} \equiv \frac{2(4^2 - 1) + k(2^{8l+5} - 1)}{4^2 + 1} \pmod{q},$$

et l'on donne à u_1 une valeur entière en prenant $k = 10$, car alors

(7) $$u_1 = 20\frac{(16)^{2l+1} + 1}{16 + 1} = 20[(16)^{2l} - (16)^{2l-1} + \ldots + 1].$$

» Pour vérifier notre théorème, prenons $n = 7$, $q = 127$. En faisant $l = 1$, dans la formule (6), on obtient $u_1 = 52$, et conséquemment les termes u_1, u_2, ..., u_6, calculés au moyen de la formule (5), sont

$$52, \quad 35, \quad 80, \quad 48, \quad 16, \quad 254.$$

Comme le dernier terme u_6 est divisible par 127, nous concluons du théorème II que 127 est premier, ce qui est exact.

» Le calcul indiqué par l'équation (5) est semblable à celui que M. Lucas a proposé, pour reconnaître les nombres premiers renfermés dans la formule $2^{4l+3} - 1$ (*Comptes rendus*, t. LXXXIII, p. 1286); il n'en diffère que par la détermination du terme u_1. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le déterminant dont les éléments sont tous les mineurs possibles d'ordre donné d'un déterminant donné.* Note de M. **Picquet.**

« Si l'on forme le tableau des $C^2_{n,k}$ mineurs d'ordre k d'un déterminant δ à n^2 éléments, en ayant soin d'écrire dans une même ligne les mineurs dont les éléments proviennent des mêmes lignes de δ, de même pour les colonnes, on obtient un nouveau déterminant Δ, considéré pour la première fois par Cauchy, qui a fait voir (*Journal de l'École Polytechnique*, Cahier XVII, p. 102) que, si l'on forme le déterminant analogue Δ' avec les mineurs d'ordre $n - k$, on a l'identité

$$\Delta\Delta' = \delta^{C_{n,k}},$$

laquelle renferme les suivantes :

$$\Delta = \delta^{C_{n-1,k}}, \quad \Delta' = \delta^{C_{n-1,k-1}},$$

comme l'a prouvé M. Borchardt (*Journal de Crelle*, t. LXI, p. 355) à la suite d'une Note de M. Franke qui établit directement ces identités et en conclut diverses propriétés des déterminants Δ et Δ'.

» L'objet de la présente Note est de donner l'énoncé de quelques théorèmes qui se déduisent immédiatement des propositions de M. Franke.

» THÉORÈME I. — *Il existe dans Δ un certain mineur M à $C_{n-h,\,k-h}$ lignes ou colonnes qui est égal à une certaine puissance d'un mineur donné m_h, d'ordre h inférieur à k, de δ.*

» Ce mineur M de Δ doit être choisi de telle façon que tous ses éléments

soient des mineurs du mineur m_h considéré dans δ, ce qui est possible puisque $k > h$, et est égal à

$$m_h^{C_{n-h-1,\,k-h}}.$$

» La considération du mineur m_{n-h} complémentaire de m_h dans δ et du mineur μ de Δ' complémentaire du mineur M de Δ conduit ensuite au théorème suivant :

Théorème II. — *Si, dans un déterminant δ à n^2 éléments, on considère un mineur m_{n-h} à h^2 éléments, et si l'on forme tous les mineurs à k^2 éléments $(k > h)$ de δ qui ne renferment ni toutes les lignes ni toutes les colonnes du mineur m_{n-h}, on peut, en les assemblant comme on l'a fait pour les éléments de Δ, en former un déterminant égal à*

$$m_h^{C_{n-h-1,\,k-h}}, \quad \delta^{(C_{n-1,\,k-1} - C_{n-h,\,k-h})},$$

m_h étant dans δ le complémentaire de m_{n-h}.

» Il est également possible de trouver dans Δ la représentation des mineurs de δ d'ordre supérieur à k, comme le prouvent les théorèmes suivants :

Théorème III. — *Si, dans un déterminant δ à n^2 éléments, on considère un mineur m_{n-h} à h^2 éléments, on peut former, avec tous les mineurs d'ordre k $(k > h)$ de δ, à $(n-k)^2$ éléments dont toutes les lignes ni toutes les colonnes n'appartiennent pas au complémentaire m_h, un déterminant qui est égal à*

$$m_{n-h}^{C_{n-h-1,\,k-h}}, \quad \delta^{C_{n-1,\,k} - C_{n-h-1,\,k-h}}.$$

» Théorème IV. — *Si, dans un déterminant δ à n^2 éléments, on considère un mineur m_{n-h} à h^2 éléments, on peut former, avec tous les mineurs à k^2 éléments $(k > h)$ qui l'admettent pour mineur, un déterminant qui est égal à*

$$m_{n-h}^{C_{n-h-1,\,k-h}}, \quad \delta^{C_{n-h-1,\,k-h-1}}.$$

» Les deux derniers théorèmes se démontrent en considérant dans Δ le complémentaire du mineur M et dans Δ' le correspondant du même mineur. Le dernier peut encore s'énoncer ainsi :

» Théorème V. — *Etant donné un mineur m_h d'ordre h d'un déterminant δ à n^2 éléments, si l'on forme le déterminant M aux mineurs d'ordre p de m_h, et si, dans ce déterminant, on remplace chaque élément, mineur d'ordre $h+p$ de δ, par le mineur complémentaire dans δ, on forme un nouveau déter-*

minant égal à

$$m_{n-h}^{C_{n-h-1,p}}, \quad \delta^{C_{n-h-1,p-1}},$$

m_{n-h} *étant dans* δ *le mineur complémentaire de* m_h.

» Sous cette forme le théorème est la généralisation d'un théorème important relatif à deux déterminants réciproques, celui où, p étant égal à $n-h-1$, M est m_h lui-même et devient, après la substitution, le mineur correspondant du réciproque de δ. On voit qu'alors il est égal à

$$m_{n-h}^{C_{n-h-1,n-h-1}}, \quad \delta^{C_{p,p-1}} = m_{n-h}, \quad \delta^{n-h-1},$$

ce qui est bien le théorème connu. »

ASTRONOMIE. — *Sur l'analogie du réseau photographique du Soleil et des cratères de la Lune.* Note du P. M. Lamey, présentée par M. d'Abbadie.

« En examinant attentivement, sur l'épreuve photographique du Soleil obtenue par M. Janssen et publiée dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes*, l'apparence désignée par lui sous le nom de *réseau photographique*, on ne peut s'empêcher d'y reconnaître une analogie frappante entre les formes de ce réseau et les cratères de la Lune. L'analogie devient bientôt une identification complète pour peu que l'on vienne à reproduire par le dessin ces apparences solaires, en se guidant sur l'alignement des granulations et sur les contrastes d'ombre et de lumière. Or, si l'on peut affirmer que les cirques lunaires ne sont que la trace de gigantesques bulles gazeuses au travers de la couche superficielle de la Lune jadis pâteuse, on est en droit de conclure qu'une cause identique a donné lieu aux formes analogues révélées par les photographies de l'observatoire de Meudon. La seule différence est que, sur le Soleil, ces formes circulaires n'ont sans doute qu'une existence transitoire, la masse étant à l'état d'ébullition perpétuelle.

» Voici les principaux phénomènes qui semblent légitimer cette interprétation :

» 1° Les cirques d'un grand diamètre sont souvent concentriques, comme cela a lieu pour les ondes circulaires observées à la surface de l'eau.

» 2° Plus leur diamètre est grand, plus la hauteur de leur rempart semble diminuer.

» 3° Ceux d'un petit diamètre paraissent avoir des remparts relativement plus élevés ; ils sont souvent adhérents les uns aux autres, ou accolés aux parois des plus grands.

» 4° Les formes polygonales sont produites par la tangence de divers cratères d'égale intensité.

» 5° Parmi ces cratères, on distingue parfaitement les diverses phases de l'explosion de la bulle, au-dessous de la photosphère ; la partie centrale est tantôt bombée, tantôt concave, et présente parfois vers le centre une déchirure caractéristique.

» Ces conclusions ne sont basées que sur la photographie de l'*Annuaire;* le croquis joint à ma Note ne donne que le relevé des cirques les plus remarquables, car avec un peu d'habitude l'œil finit par en découvrir une quantité d'autres. Si ces cercles sont produits par une éruption gazeuse, une vérification bien simple pourra en être faite. A mesure que l'on s'avancera vers les bords du Soleil, la photographie devra nous révéler une forme de plus en plus elliptique, comme cela a lieu pour les cratères de la Lune. Je pourrais en indiquer plusieurs autres, par exemple celle-ci : en photographiant une même région à des instants convenablement rapprochés, on devra voir les mêmes cirques s'étendre de plus en plus et d'autres naître à l'intérieur. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'équation de Lamé.* Extrait d'une Lettre de M. **Brioschi** à M. Hermite.

« Soient y_1 et y_2 deux solutions particulières de l'équation différentielle

$$y'' + py' + qy = 0,$$

où p et q sont deux fonctions de x quelconques. Je considère une forme binaire de l'ordre m à coefficients constants $f(y_1, y_2)$, et je pose

$$f(y_1, y_2) = \mathrm{F}(x).$$

Cela étant, j'ai démontré autrefois que le hessien de la forme f s'exprime ainsi

$$(1) \qquad h(y_1, y_2) = \frac{e^{2\int p\,dx}}{m^2(m-1)\mathrm{C}^2}[m\mathrm{FF}'' - (m-1)\mathrm{F}'^2 + mp\mathrm{FF}' + m^2 q\mathrm{F}^2],$$

C étant la constante introduite par la relation connue

$$y_2 y'_1 - y_1 y'_2 = \mathrm{C}e^{-\int p\,dx}.$$

En particulier, si la forme $f(y_1, y_2)$ est quadratique, de sorte que $m = 2$, le hessien sera une constante, et, en supposant $f(y_1, y_2) = y_1 y_2$, ce qui donnera $h(y_1, y_2) = -\frac{1}{4}$ nous tirerons de l'équation (1) la suivante :

$$(2) \qquad \mathrm{C}^2 + e^{2\int p\,dx}(2\mathrm{FF}'' - \mathrm{F}'^2 + 2p\mathrm{FF}' + 4q\mathrm{F}^2) = 0.$$

» C'est au moyen de ce résultat que je parviens à intégrer l'équation de Lamé, en prenant $p = \frac{1}{2}\frac{\varphi'(x)}{\varphi(x)}$, $q = \frac{\psi(x)}{\varphi(x)}$, l'équation (2) devenant ainsi

$$(3) \qquad C^2 + \varphi(x)(2FF'' - F'^2) + \varphi'(x)FF' + 4\psi(x)F^2 = 0.$$

Mais supposons d'abord $\varphi(x) = x(1-x)$, je trouve que, $F(x)$ étant représenté par $x^n + ax^{n-1} + \ldots$, on a

$$\psi(x) = \frac{n^2}{4}.$$

Or l'équation différentielle est, dans ce cas,

$$y'' + \frac{1}{2}\frac{1-2x}{x(1-2x)}y' + \frac{n^2}{4x(1-x)}y = 0,$$

c'est-à-dire l'équation de Gauss

$$y'' + \frac{\gamma - (\alpha+\beta+1)x}{x(1-x)}y' - \frac{\alpha\beta}{x(1-x)}y = 0,$$

avec $\alpha = \frac{n}{2}$, $\beta = -\frac{n}{2}$, $\gamma = \frac{1}{2}$, et l'on est amené à cette conséquence connue, que les intégrales y_1, y_2 sont des fonctions algébriques de la variable.

» Soit, en second lieu, $\varphi(x) = x(1-x)(1-k^2x)$, les coefficients des termes en x^{2n+1} et x^{2n}, dans l'équation (3), montrent qu'on a alors

$$\psi(x) = -\tfrac{1}{4}[n(n+1)k^2x + h],$$

en posant $h = -(2n+1)ak^2 - n^2(1+k^2)$, ce qui nous conduit à l'équation de Lamé.

» Mais on peut aller plus loin et obtenir l'intégration d'une équation plus générale, comprenant celle de Lamé comme cas particulier. Je suppose $m = 4$ dans l'équation (1), et je prends $f(y_1, y_2) = y_1^2 y_2^2$, nous aurons ainsi

$$4C^2F + \varphi(x)(4FF'' - 3F'^2) + 2\varphi'(x)FF'' + 16\psi(x)F^2 = 0.$$

Cela étant et faisant encore $\varphi(x) = x(1-x)(1-k^2x)$, on obtient l'expression suivante :

$$\psi(x) = -\tfrac{1}{16}[n(n+2)K^2x + h],$$

où j'ai posé $h = -2(n-1)ak^2 - n^2(1+k^2)$. Voici, en conséquence, à l'égard de l'équation différentielle

$$\frac{d^2y}{du^2} = \frac{1}{4}[n(n+2)k^2\,\text{sn}^2 u + h]y,$$

cette propriété que $y_1 y_2 = \sqrt{F(\mathrm{sn}^2 u)}$, F étant un polynôme entier du degré n. Si le nombre n est pair, elle rentre dans l'équation de Lamé; mais, s'il est impair, j'ai trouvé que l'on a

$$y_1 y_2 = \Phi(x)\sqrt{x-\xi},$$

$\Phi(x)$ étant un polynôme de degré $\frac{n-1}{2}$ et ξ une racine de l'équation

$$\varphi(x) = x(1-x)(1-k^2 x) = 0.$$

On voit de suite que, dans ce cas, les intégrales sont algébriques, ce qui me semble remarquable. Enfin je pense, au moins d'après l'étude de quelques cas particuliers, qu'on peut traiter par une méthode semblable les équations linéaires du second ordre, où une puissance quelconque r de y_1, y_2 serait une fonction entière de la variable, la quantité $\psi(x)$ étant alors

$$-\frac{1}{r^2}[n(n+r)k^2 x + h]. \text{ »}$$

PHYSIQUE. — *Sur les raies sombres du spectre solaire et la constitution du Soleil.* Note de M. A. Cornu.

« On sait que dans le spectre visible du Soleil la presque totalité des raies sombres correspond exactement à des raies brillantes des spectres des vapeurs métalliques; ce renversement dans l'apparence des raies n'est qu'un effet de contraste et s'explique par l'existence sur le Soleil d'une couche de vapeurs à une température relativement basse, absorbant partiellement les radiations du spectre continu d'un fond plus brillant. L'étude comparative de ces spectres a constitué une vraie méthode d'analyse qualitative et a conduit à mettre hors de doute l'existence sur le Soleil d'un certain nombre d'éléments chimiques terrestres.

» L'extension de cette étude aux raies sombres du spectre ultra-violet, en agrandissant le champ de comparaison, m'a permis d'aller plus loin dans cette voie, et d'aborder, jusqu'à un certain point, l'analyse quantitative des éléments de cette couche absorbante, à l'action de laquelle les raies sombres du spectre solaire sont attribuées. Voici le résumé de cette étude :

« On remarque tout d'abord que les groupes de raies intenses sont inégalement répartis sur toute l'étendue du spectre solaire : la partie la moins réfrangible n'en contient à peu près aucun (en mettant à part les bandes et raies atmosphériques); ce n'est qu'à partir du bleu indigo que commencent les groupes sombres dont le groupe G est un type; on rencontre ensuite les deux raies H, K, larges et estompées, qui se détachent sur un fond rela-

tivement clair, puis les groupes très-sombres LMNOP; au delà vient un espace plus clair encore, sur lequel se détache la raie Q, puis les groupes voisins de R et de *r*; un nouvel espace assez brillant conduit aux groupes sombres STU.

» L'examen comparatif des spectres des vapeurs métalliques montre de prime-abord que ces masses de raies sombres correspondent en général aux raies brillantes du spectre de la vapeur de fer qui comprend à lui seul la presque totalité des groupes GLMNOQSTU et plusieurs des groupes voisins de R.

» Les deux grosses raies H et K correspondent au calcium, ainsi que deux raies analogues constituant R et le groupe compris entre R et *r*.

» C'est au nickel que se rapportent la plupart des raies importantes, comprises entre O et P, ainsi qu'un nombre très-notable de raies dans la région STU (*voir* la figure de ma précédente Communication, p. 101).

» Les autres métaux magnétiques, cobalt, manganèse, chrome, fournissent des raies de moindre importance; le titane présente un très-grand nombre de coïncidences, mais avec des raies en général très-faibles, excepté entre Q et R où leur importance est plus grande; l'étain offre des coïncidences qui, malgré leur petit nombre, paraissent non équivoques.

» Le magnésium fournit quatre raies triples d'apparence identique, que je nommerai b (Fraunhofer) dans le vert, b' entre K et L, b'' entre P et Q, et b''' entre S et T; elles sont, à l'exception de b'', très-intenses dans le spectre solaire.

» L'aluminium donne deux raies fort nettes entre H et K, et deux autres analogues entre S et T. Le sodium qui produit la raie D du spectre visible ne donne, dans l'ultra-violet, qu'une raie double assez pâle entre P et Q. Enfin le glucinium paraît être représenté par quelques raies faibles.

» Tels sont, en y joignant l'hydrogène qui donne quatre raies sombres CFG' (près de G) et *h*, les éléments chimiques fournissant les coïncidences les plus remarquables avec les raies du spectre solaire.

» Le caractère général des groupes de raies sombres du spectre solaire correspondant à un même métal est de présenter une intensité relative tout à fait en rapport avec l'éclat des raies brillantes correspondantes du spectre métallique : il y a donc une véritable proportionnalité entre le pouvoir émissif des vapeurs métalliques incandescentes et leur pouvoir absorbant, ce qui est d'ailleurs la base de l'explication du renversement des raies solaires (Foucault, Angström, Stockes, Kirchhoff). Si l'on joint à cette remarque la considération de l'éclat intrinsèque moyen du spectre de chaque élément chimique dans les régions à comparer, on arrive à conclure que l'intensité des raies sombres du spectre solaire est caractéristique de la quantité relative des différentes vapeurs métalliques qui, à la surface du Soleil, sont la cause de ces raies sombres. L'établissement d'une méthode d'analyse quantitative fondée sur ces considérations exigerait encore bien des efforts; mais, si l'on cherche seulement à se rendre un compte approché de la composition de cette couche absorbante qui forme l'enveloppe extérieure

du Soleil, les observations présentes suffisent pour une première approximation.

» Dans cette manière de voir, la vapeur de fer serait de beaucoup plus abondante, à cause du nombre et surtout de l'intensité des raies sombres qui lui correspondent dans le spectre solaire.

» Le nickel et le magnésium viendraient en second lieu ; le calcium, dont le spectre possède un éclat intrinsèque si grand pour les deux raies HK qui le caractérisent, doit entrer dans une proportion moindre que l'intensité de ces raies ne pourrait le faire supposer; viennent ensuite l'aluminium, le sodium et l'hydrogène, enfin le manganèse, le cobalt, le titane, le chrome et l'étain.

» Telle serait approximativement la liste, par ordre de quantité, des éléments volatilisés à la surface du Soleil. En examinant cette liste, où le fer, le nickel et le magnésium jouent un si grand rôle, on est immédiatement frappé de l'analogie de cette composition avec celle des aérolithes, dont la majeure partie est formée de fer allié à $\frac{1}{10}$ de nickel : dans les fers météoriques, cet alliage est presque pur; dans les météorites pierreuses, le fer nickelé est mêlé à des silicates magnésiens de compositions diverses.

» Cette étude du spectre conduit donc à la conclusion suivante : *La position et l'éclat relatif des raies sombres du spectre solaire s'expliquent par l'action d'une couche absorbante existant sur le Soleil, couche dont la composition serait analogue à celle d'aérolithes volatilisés.*

» Les conséquences de ce fait, révélé par l'analyse spectrale des radiations solaires, touche d'une manière si directe aux prands problèmes de la Physique cosmique et de l'Astronomie, qu'il me paraît utile de les indiquer, avec toute la réserve que comporte d'ailleurs un sujet aussi délicat. »

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Les éléments présents dans la couche du Soleil qui produit le renversement des raies spectrales.* Note de M. **N. Lockyer.**

« Dans la carte du spectre solaire à laquelle je travaille en ce moment, il est possible d'étudier, dans des conditions favorables, les lignes dues à des éléments de l'atmosphère solaire qni n'avaient pas encore été découverts, parce qu'ils n'existent qu'en quantités insuffisantes pour donner des lignes spéciales bien marquées. Une recherche a donc été effectuée, d'après les principes que j'ai établis dans des Communications précédentes ([1]), sur les

---

([1]) *Phil. Trans.*, p. 253, 1873; *ibid.*, vol. CLXIV, *Pl. 11*, p. 490.

éléments dont les spectres présentent des lignes longues et bien caractérisées dans la région photographique.

» Bien que les conclusions ne puissent être définitives tant que le spectre entier n'a pas été examiné, on peut, dès maintenant, affirmer l'existence certaine de plusieurs métaux dans la couche renversante du Soleil, et l'existence probable de plusieurs autres métaux.

» Les résultats obtenus jusqu'ici sont résumés dans les Tables suivantes. J'ai déjà fait voir, dans un Mémoire précédent, que les métaux reconnus solaires à la suite des travaux de MM. Kirchhoff, Angström et Thalèn, et par la considération des lignes longues et courtes, sont les suivants :

Na, Ir, Ca, Mg, Ni, Ba, Cu, Cr, Co, H, Mn, Ti, Al, Zn.

Métaux dont la présence dans le Soleil est confirmée.

NOM du métal.	LONGUEUR D'ONDE approxim. des lignes renvers. dans le spectre solaire.	OBSERVATIONS.	NOMS des observateurs.	DÉTAILS TIRÉS DES LISTES de Thalèn. Métal.	Longueur d'onde.	Intensité 1 = le plus brillant.
Strontium....	4029,60	Absent du *spectre normal*, près de la longue ligne Mn........	Nouv. ligne.		// //	// //
	4076,77	Une ligne à 4076,9, dans le *spectre normal* assigné à Ca......	Thalèn.	Sr Ca	4078,5 4077,0	1 3
	4215,00	Dans le *Spectre normal* assigné à Ca (long. d'onde, 4215,40)...	Thalèn.	Sr Ca	4215,3 4215,3	1 1
	4607, 5	Une ligne à 4604, 5, dans le *spectre normal* assigné à Ca..	Thalèn.	Sr Co	4607,5 4670,5	1 4
Plomb.	4019,28	Absent du *spectre normal*......	Nouv. ligne.		//	//
	4056,80	Une ligne non assignée près de la position requise, long. d'onde 4057,25 dans le *spectre normal*....................	Thalèn.	Pb	4068,0	4
	4061,25	Absent du *spectre normal*......	Thalèn.	Pb	4062,5	4
Cadmium.....	4677,00	Une ligne non assignée, de long. d'onde 4676,5, dans le *spectre normal*....................	Thalèn. Kirchhoff.	Cd	4676,8	1
	4799,00	Une ligne non assignée, de long. d'onde 4698,9, dans le *spectre normal*....................	Thalèn. Kirchhoff.	Cd	4799,0	1
Potassium....	4042,75	Absent du *spectre normal*......	Nouv. ligne.		//	//
	4046,28	Absent du *spectre normal*......	Nouv. ligne.		//	//
Cérium.......	3928, 7	Absent du *spectre normal*......	Nouv. ligne.		//	//
	4012,00	Absent du *spectre normal*......	Nouv. ligne.		//	//
Uranium......	3931,00	Absent du *spectre normal*......	Nouv. ligne.		//	//
	3943,00	Près de la ligne Al............	Nouv. ligne.		//	//
	3965, 8	Absent du *spectre normal*......	Nouv. ligne.		//	//

Métaux probablement présents dans le Soleil.

NOM du métal.	LONGUEUR D'ONDE approximative des lignes renversées en apparence dans le spectre solaire.	OBSERVATIONS.	NOMS des observateurs.	DÉTAILS TIRÉS DES LISTES de Thalèn.		
				Métal.	Longueur d'onde.	Intensité 1 = le plus brillant.
Vanadium....	3901, 3	"	Nouv. ligne.	"	"	"
	3909, 3	"	Nouv. ligne.	"	"	"
	3989,65	"	Nouv. ligne.	"	"	"
	3992, 5	"	Nouv. ligne.	"	"	"
	3997, 9	"	Nouv. ligne.	"	"	"
	4279,00	Assigné par Angström à Ca.....	Thalèn.	Ca	4379,1	4
				Va	4379,0	1
	4384,00	Absent de la carte d'Angström..	"	Va	4384,0	1
	4389,00	Assigné par Angström à Ca.....	"	Ca	4389,4	4
				Va	4389,0	2
	4407, 5	Assigné par Angström à Ca.....	"	Ca	4407,0	5
				Va	4407,5	1
Palladium....	3893,00	"	Nouv. ligne.	"	"	"
	3958,00	"	"	"	"	"
	4787,00	Assigné par Angström à Ir.....	Thalèn.	Pd	4787,0	3
				Ir	4785,8	5
	4817,00	Non assigné par Angström......	"	Pd	4817,0	3
	4874,00	Une ligne près de la position requise par Angström à Ir...	"	Pd	4874,0	3
Molybdène....	3902,00	Très-près de la ligne Ir........	Nouv. ligne.	"	"	"
	4576,00	Non assigné par Angström......	"	"	"	"
	4706,00	Assigné par Angström à Ir......	Thalèn.	Mo	4706,6	4
				Ir	4706,5	5
	4730,00	Assigné par Angström à Ir.....	Thalèn.	Mo	4730,5	4
	4818,0?	Absent de Angström...........	"	Mo	4818,0	4
	4829,0?	Ligne voisine assignée par Angström à Ni..................	"	Mo	4829,5	4
				Ni	4828,4	5
				Ni	4830,2	5
Indium.......	4101,00	En apparence coïncident avec la ligne Ir du spectre solaire...	Thalèn.	In	4101,0	1
	4509,0?	Absent de la carte d'Angström..	"	In	4509,5	1
Lithium......	4603,00	La ligne dans la carte d'Angström est placée à la long. d'onde 4601,7 et pas de métal assigné.	Thalèn.	Li	4602,7	1
Rubidium	4202,00	La ligne dans Angström est placée à 4201 et adjoint à la ligne voisine Ir...................	Thalèn.	Rb	4202,0	2
Cœsium	4554, 9	Assigné par Angström à Ir. Pas de ligne dans cette position d'après Thalèn..............	Nouv. ligne.	"	"	"
	4592,0?					
Bismuth......	4722,00	Absent de la carte d'Angström..	Nouv. ligne.	"	"	"
		Absent de la carte d'Angström..	Thalèn.	Bi	4722,0	1
Étain........	4524	Pas dans le *spectre normal*. Une ligne Bi voisine [4524,4] est indiquée....................	Thalèn.	Sn	4524,0	1
	3948, 2					
Lanthane.....	3988,00	Pas dans le *spectre normal*.....	Nouv. ligne.	"	"	"
	3995, 4	"	"	"	"	"
Glucinium....	3901,75	"	"	"	"	"
Yttrium......	3949, 6	"	"	"	"	"
ou		"	"	"	"	"
Erbium......	3981, 8	"	"	"	"	"

» Il est important de se rappeler que les lignes indiquées dans les listes précédentes sont, pour la plupart, les plus longues qui soient visibles dans la région photographique de leurs spectres relatifs; dans quelques cas, elles sont limitées à la région 39,40, que j'ai spécialement étudiée. Le fait qu'elles sont renversées dans le spectre solaire doit donc être considéré comme la plus forte preuve qu'on puisse obtenir en faveur de leur existence dans le Soleil, en attendant que leurs spectres aient été étudiés d'une manière complète. Cependant, là où il n'y a qu'une ligne, comme pour Li, Rb, Er, la présence de ces métaux dans la couche renversante du Soleil ne peut être regardée jusqu'ici que comme probable. Enfin, il ne faut pas oublier que, outre les lignes longues qu'un spectre peut contenir dans le rouge, le jaune, l'orangé, il peut encore exister des lignes longues dans la région ultra-violette qui n'a pas encore été explorée; on doit donc attendre d'autres preuves, avant de se prononcer définitivement sur la présence ou l'absence de ces métaux dans le Soleil.

» On pourra trouver singulier que, en trouvant de longues lignes, pour des métaux tels que le lithium et le rubidium, dans la région photographique du spectre, on n'ait pas observé les plus longues lignes (Li, longueur d'onde 6705; Rb, longueur d'onde 6295 et 6296). A cela, on peut répondre que, bien que ces lignes rouges puissent être, en apparence, les plus brillantes pour l'œil, il ne s'ensuit pas qu'elles soient les plus longues, puisqu'elles sont situées dans une partie du spectre qui affecte notre organe visuel plus fortement que la région photographique. Peut-être aussi les raisons que j'ai avancées, dans un Mémoire communiqué à l'Académie sur le spectre du calcium, peuvent-elles être appliquées dans ces cas; puisque une plaque sensible est affectée par certains rayons plus fortement que par certains autres, on ne doit pas, en déterminant les longueurs des lignes photographiques, comparer entre elles des régions du spectre séparées par un trop grand intervalle.

» De plus, le fait que ces lignes rouges ont échappé à l'observation dans le spectre solaire n'est pas une preuve concluante de leur absence, d'autant plus que cette portion du spectre est en même temps plus brillante et moins réfrangible; il faudrait une dispersion plus grande pour rendre visibles des lignes obscures, peu distinctes, que l'on observe aisément dans la région photographique [1]. J'espère pouvoir faire plus tard une recherche particulière de ces lignes.

---

[1] Une remarque significative est que l'on trouve une ligne obscure, près de la position

» On a fait une étude spéciale des métaux ayant de longues lignes dans le vert. La longue ligne thallium (longueur d'onde 5349) a été photographiée, mais on n'a obtenu aucune ligne solaire correspondante. On a trouvé deux longues lignes pour l'argent, vers les longueurs d'onde 4018 et 4212; mais ces lignes (qui sont renversées) ont une si grande largeur, qu'il est impossible de dire, quant à présent, si elles coïncident avec des lignes du spectre solaire. »

PHYSIQUE. — *Sur la réfraction des gaz et des vapeurs.* Note de M. **Mascart.**

« J'ai eu déjà l'honneur de présenter à l'Académie (¹) les résultats des expériences que j'avais entreprises pour déterminer la réfraction et la dispersion des gaz. J'ai étendu depuis ces recherches à plusieurs autres corps gazeux dans les conditions ordinaires et aux vapeurs d'un grand nombre de liquides appartenant à la Chimie minérale ou à la Chimie organique.

» La méthode est fondée, comme précédemment, sur l'observation des bandes de Talbot; les appareils ont reçu quelques modifications en raison de l'état des corps sur lesquels je devais opérer, mais je crois inutile d'en donner ici le détail.

» La réfraction d'un gaz, c'est-à-dire l'excès de l'indice de réfraction sur l'unité, est, à température constante et entre des limites de $\frac{1}{2}$ à 8 atmosphères, proportionnelle au poids de l'unité de volume, comme je l'ai montré dans un premier Mémoire; on élimine ainsi la complication qui résulte de la loi de compressibilité spéciale à chacun des gaz.

» Tant que la loi de Mariotte est applicable, la réfraction d'un gaz est proportionnelle à la pression : c'est ce qui a lieu en particulier pour l'air, au moins d'une manière très-approchée, sous des pressions inférieures à celles d'une atmosphère. Mes nouvelles expériences ont été faites à des pressions faibles et, afin d'éliminer la détermination exacte des températures, ainsi que les corrections de toute nature qu'elles entraînent, on a comparé chaque fois, pour le corps étudié et pour l'air dans les mêmes conditions, le nombre des franges déplacées en un point du spectre à la variation de pression correspondante. Le quotient de deux valeurs ainsi obtenues exprime le rapport de la réfraction du corps à celle de l'air.

---

de la ligne Li, dans les cartes d'Angström et de Kirchhoff, qui n'est attribuée à aucun métal.

[1] *Comptes rendus*, t. LXXVIII, p. 617.

» Si le corps, gaz ou vapeur, obéit à la loi de Mariotte, ce rapport est indépendant de la pression; mais, en général, il croît à mesure que la pression moyenne augmente, de sorte que la réfraction fournit une méthode pour déterminer les écarts de la loi de Mariotte dans des cas où des expériences directes sur les changements de volume ou sur la mesure des densités présenteraient de grandes difficultés.

» Cette influence de la pression moyenne se manifeste à partir de pressions très-faibles, même pour des corps qui sont gazeux à la température et à la pression ordinaires, tels que l'acide chlorhydrique, l'acide bromhydrique, l'acide iodhydrique, l'ammoniaque, l'acide sulfhydrique. Ainsi, pour l'acide chlorhydrique, le rapport de la réfraction du gaz à la pression augmente d'environ $\frac{1}{400}$ lorsque la pression moyenne croît de 1 décimètre de mercure; pour l'ammoniaque, l'augmentation est de $\frac{1}{280}$.

» On doit s'attendre à ce que les vapeurs présentent des variations encore plus grandes, surtout quand on les observe à une température inférieure à celle de l'ébullition normale. En effet, pour le sulfure de carbone et l'acide cyanhydrique, le même accroissement de la pression moyenne augmente d'environ $\frac{1}{60}$ le rapport de la réfraction à la pression.

» Il résulte de là que, si l'on veut comparer les réfractions des gaz et des vapeurs, on devra prendre les nombres qui correspondent aux plus faibles pressions, afin de se rapprocher des conditions limites dans lesquelles ces corps peuvent être considérés comme étant à l'état de gaz parfaits.

» D'autre part, mes expériences anciennes paraissent démontrer que la réduction à la température de zéro de la réfraction d'un gaz ne peut pas être effectuée par le coefficient de dilatation ordinaire; il serait donc nécessaire de déterminer un nouveau coefficient particulier à chaque corps. Pour éviter cette correction incertaine et difficile à évaluer, toutes les expériences ont été effectuées à une température voisine de 12 degrés, et les résultats comparés directement à celui que donnait l'air dans les mêmes circonstances.

» Je citerai seulement aujourd'hui les résultats nouveaux que j'ai obtenus pour différents corps de la Chimie minérale :

	Réfraction par rapport à celle de l'air.
Chlore	2,63
Brome	3,85
Acide chlorhydrique	1,52
Acide bromhydrique	1,95
Acide iodhydrique	3,10

	Réfraction par rapport à celle de l'air.
Acide cyanhydrique........ ..	1,49
Acide sulfhydrique..........	2,12
Ammoniaque..............	1,29
Eau.....................	0,88
Protochlorure de phosphore...	5,92
Sulfure de carbone.........	5,05

» Plusieurs de ces corps avaient déjà été étudiés au point de vue de la réfraction ; mes nombres sont généralement plus faibles que les résultats correspondants de Dulong, ce qui est une conséquence de l'influence de la pression.

» Pour la vapeur d'eau, l'expérience est difficile, à cause de la faible volatilité du liquide à la température ordinaire ; j'ai retrouvé sensiblement le nombre que M. Fizeau et M. Jamin avaient obtenu déjà à l'aide de méthodes moins directes.

» Dans une prochaine Communication, je donnerai les résultats relatifs aux corps de la Chimie organique et je ferai quelques remarques sur le calcul théorique de la réfraction des corps composés. »

PHYSIQUE. — *Sur la répulsion résultant de la radiation lumineuse*. Note de M. **W. Crookes**, présentée par M. Th. du Moncel.

« Depuis plusieurs années, je cherche à compléter mes études sur la force répulsive résultant de la radiation lumineuse transmise à travers les gaz raréfiés, et l'appareil dont je me sers actuellement consiste dans une balance de torsion dans laquelle la traverse destinée à porter les disques d'épreuve est une paille suspendue par un fil de verre très-fin. Six disques de différente nature sont adaptés verticalement à l'un des bouts de cette traverse, et ils sont équilibrés au bout opposé par un contre-poids convenable. Une bougie de spermaceti, placée à une distance invariable de cette balance, fournissait, dans mes expériences, les effets de radiation, et les déplacements produits par suite de cette radiation étaient mesurés par le déplacement, sur une règle graduée, d'un rayon lumineux réfléchi par un miroir adapté à la traverse des disques. Un écran à obturateur était d'ailleurs disposé de manière à projeter la lumière sur tel ou tel disque, sans que les autres disques se trouvassent impressionnés. Enfin, un disque étalon enduit de noir de fumée était établi dans l'appareil, afin de pouvoir comparer les résultats. Tout l'appareil était scellé avec soin et attaché à une

pompe à mercure capable de porter le vide à tous les degrés qu'on pouvait désirer.

» Mes expériences ont porté sur une centaine de substances différentes, et j'ai mesuré l'effet produit sur elles, non-seulement sous l'influence de la radiation simple de la source lumineuse, mais encore en la privant de ses rayons calorifiques invisibles par l'interposition d'un écran d'eau. J'ai reconnu de cette manière que chaque substance exerce une action plus ou moins accentuée sur l'absorption des rayons. Ainsi la plupart des poudres blanches absorbent énergiquement les rayons de chaleur invisibles, tandis qu'ils sont à peu près sans action sur les rayons lumineux. Au contraire, les poudres noires absorbent avec force ces derniers rayons, et n'absorbent pas la chaleur obscure des rayons, quelle qu'en soit l'intensité. Les différents métaux présentent de grandes différences dans leur action. Ainsi, alors que le fer absorbe les rayons calorifiques invisibles, l'or est surtout influencé par les rayons lumineux.

» Les substances que j'ai expérimentées peuvent se diviser en deux classes : 1° celles pour lesquelles l'interposition de l'écran d'eau augmente l'action, eu égard à l'effet produit sur le disque étalon ; 2° celles pour lesquelles le contraire a lieu. Parmi les premières, le tungstate de cuivre, la saffranine, le sélénium précipité et l'oxalate de cuivre sont celles qui révèlent le mieux la supériorité d'action des rayons lumineux sur les rayons calorifiques invisibles. Parmi les secondes, l'oxyde de chrome, le persulfocyanogène, l'oxyde de zinc, le sulfate de baryum et le carbonate de chaux sont celles qui produisent les effets les plus caractérisés, et elles sont plus impressionnables aux rayons rouges qu'aux rayons blancs.

» On peut obtenir des effets remarquables en combinant ensemble les corps de ces deux catégories sur les disques d'un radiomètre : ainsi, si l'on enduit alternativement ces disques, que nous supposerons en moelle de sureau, d'oxyde chromique et de sélénium précipité, on voit ce radiomètre tourner dans un sens quand il est exposé à la lumière d'une bougie, et en sens contraire quand on interpose devant la source lumineuse un écran d'eau. Un radiomètre semblable, dont les ailettes sont enduites de saffranine et d'oxyde de zinc hydraté, n'aura aucun mouvement quand on l'exposera directement à la flamme de la bougie, mais se mettra en mouvement avec l'interposition de l'écran d'eau.

» Dans une Note que j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie des Sciences, j'ai démontré que, quand le vide dans un radiomètre était perfectionné au delà d'une certaine limite, la sensibilité diminuait successivement

au point de devenir nulle; j'ai examiné plus à fond ce point de la question et je suis arrivé à conclure : 1° que l'accroissement de sensibilité d'un radiomètre augmente jusqu'à ce que la pression ait atteint 50 millionièmes d'atmosphère (0,038 de millimètre); 2° que, passé cette limite jusqu'à 30 millionièmes d'atmosphère (0,013 de millimètre), elle reste stationnaire; 3° que plus loin encore elle s'abaisse rapidement jusqu'à 1 millionième (0,00076 de millimètre); 4° qu'à 0,2 de millionième d'une atmosphère (0,000152 de millimètre), le radiomètre refuse tout mouvement, même quand cinq bougies l'éclairent.

» Pour examiner les effets de pression moléculaire produits directement par la chaleur sur un radiomètre, j'ai disposé au-dessous de son système d'ailettes suspendu horizontalement un anneau métallique constitué par un fil de platine qu'un courant électrique pouvait rendre incandescent; les ailettes étaient en mica transparent et légèrement inclinées les unes par rapport aux autres, comme les ailes d'un moulin à vent, et au-dessus de ces ailettes se trouvait un disque en mica pouvant tourner sur un pivot isolé; le sens de la rotation de ce disque était naturellement inverse, pour une même action, de celle du système d'ailettes. Or voici les résultats que j'ai obtenus :

» 1° Quand l'appareil était plein d'air à la pression normale de 760 millimètres, et que le fil de platine était incandescent, la direction de la rotation des ailettes et du disque était *positive*, c'est-à-dire celle que produirait un souffle de vent venant du côté de l'anneau de platine; cet effet devait être attribué à l'ascension du courant d'air chaud.

» 2° A une pression de 80 millimètres, le disque ne tournait plus, et les ailettes tournaient lentement dans le sens positif.

» 3° A 19 millimètres, aucun mouvement n'était produit, ni par le disque, ni par les ailettes.

» 4° A 14 millimètres, le disque restait stationnaire, mais les ailettes commençaient à tourner doucement dans le sens *négatif*, c'est-à-dire en sens inverse de leur première direction.

» 5° A 1 millimètre, le disque tournait d'une manière continue dans le sens positif, pendant que les ailettes tournaient avec une certaine vitesse dans le sens négatif.

» 6° A 0,224 de millimètre, la vitesse du disque et des ailettes était la même, et leur mouvement de rotation s'effectuait dans le même sens.

» Au-dessous de cette pression, la vitesse de rotation des ailettes diminuait progressivement pendant que la vitesse du disque augmentait, et à une pression de 0,107 de millimètre le disque tournait rapidement dans le sens positif alors que les ailettes étaient sans mouvement.

» 7° A un vide plus parfait encore, par exemple à 0,098, un changement subit se faisait observer; les ailettes, qui avaient été stationnaires, tournaient alors dans le sens positif avec une vitesse de 100 révolutions par minute, pendant que le disque tournait, comme

avant, dans le sens positif, mais avec une vitesse moindre. Il est probable que la vitesse de ce disque s'était trouvée un peu diminuée par suite de la rapidité du mouvement des ailettes dans la direction opposée ([1]).

» 8° Quand le vide augmentait au delà de 0,098, la vitesse des deux disques et des ailettes augmentait jusqu'à dépasser 600 révolutions par minute, et elle ne semblait pas diminuer avec le vide le plus parfait, qui était de 0,0001 de millimètre.

» D'après les déterminations les plus récentes, le nombre des molécules contenues dans un centimètre cube d'air à la pression ordinaire, est probablement quelque chose comme 1 000 000 000 000 000 000 000; par conséquent, à un vide de 0,0001 de millimètre, il en reste encore 100 000 000 000 000. Ce nombre est assez fort pour justifier cette hypothèse: que quand les molécules sont mises en vibration par un fil de platine chauffé à blanc, ellespeuvent exercer un effet mécanique énorme. »

PHYSIQUE. — *Recherches sur la double réfraction accidentelle.* Note de M. **Macé**, présentée par M. Desains.

« Dans une première Communication que j'ai eu l'honneur de faire à l'Académie ([2]), j'annonçais que la distribution des pressions dans une lame rectangulaire de verre trempé était comparable à celle du magnétisme dans un barreau aimanté qui, comme dans certaines expériences de M. Jamin, présenterait aux deux extrémités des pôles de même nom.

» Brewster, puis Wertheim, par l'étude de la compression, avaient énoncé cette loi, que les différences de marche absolues produites par la compression ou la dilatation étaient indépendantes de la longueur d'onde. Il m'a paru intéressant, pour contrôler cette loi, d'utiliser la double réfraction produite par la trempe.

» L'appareil que j'ai construit à cet effet avait déjà servi, comme je l'ai su depuis, à M. Mach (*Ann. de Pogg.*, 1872), pour l'étude de la compression. La méthode consiste à produire un spectre cannelé au moyen d'un

---

([1]) J'ai déjà expliqué, dans une Note soumise l'année dernière à l'Académie, que le frottement de l'air à un vide de 0,098 de millimètre n'est qu'un peu moindre seulement que celui qu'il présente à la pression normale de 760 millimètres, et, par conséquent, les ailettes ayant une vitesse de 100 révolutions par minute doivent exercer une réaction considérable sur la rotation opposée des disques.

([2]) Séance du 8 mai 1877. Je suis heureux de pouvoir témoigner ici toute ma reconnaissance pour M. Jamin, sur les conseils duquel j'ai étudié les lames rectangulaires.

quartz parallèle. En ajoutant alors du côté de l'analyseur un compensateur, dont le réticule est remplacé par une fente étroite pratiquée sur une lame de verre argenté, les franges du spectre seront mobiles, avec le compensateur, et l'on pourra se servir de cet appareil, comme dans le cas de la lumière homogène. La lame de verre trempé était mobile, comme dans les premières expériences, perpendiculairement à la direction de la lumière, et à 2 ou 3 millimètres seulement en avant du compensateur. Le spectroscope était à vision directe. On en avait supprimé le tube portant la fente, tout en conservant la lentille collimatrice.

» Dans ces circonstances, lorsque la lame de verre se déplace, on voit les franges courir toutes dans le même sens, puis s'arrêter au moment où le milieu de la lame passe devant la fente, pour se mouvoir ensuite en sens inverse.

» La précision des mesures fut augmentée en recouvrant la moitié de la fente par un mica $\frac{\lambda}{2}$ environ pour le jaune. On obtient alors deux spectres superposés, tous deux cannelés, mais à bandes alternées. Il était dès lors facile d'établir la coïncidence entre les franges noires de l'un et les raies, devenues visibles, de l'autre.

» Le spectre, toutefois, ne présente pas, dans ces circonstances, la simplicité que l'on doit attendre. Au moment où le polariseur et l'analyseur sont orientés de manière à éteindre presque complétement la lumière, le spectre apparaît encore, sillonné d'un très-grand nombre de franges noires. L'appareil étant complétement monté, ces franges apparaissaient de nouveau, mais au voisinage seulement des franges noires larges, que seules on devait obtenir. L'expérience, comme la théorie, montre que ce phénomène curieux provient d'un réglage imparfait des deux lames du compensateur. Dans le cas actuel, on peut le représenter par la formule

$$I = \cos^2\alpha \sin^2 \pi \frac{\delta + \delta_1}{\lambda} + \sin^2\alpha \cos^2 \pi \frac{\delta - \delta_1}{\lambda},$$

δ, δ_1 étant les deux différences introduites par chacune des lames du compensateur, $90° - \alpha$ étant l'angle très-petit dont il faudrait faire tourner l'une des lames pour achever le réglage.

» En reproduisant le premier de ces deux phénomènes, au moyen de deux lames de gypse de même épaisseur, dont l'une était mobile par rapport à l'autre, je suis parvenu à montrer que l'on peut, en cherchant à faire disparaître les franges, répondre, si l'on opère dans de bonnes conditions,

d'un réglage de 5 minutes. Je crois cette observation très-utile, soit pour les constructeurs, soit pour les physiciens qui voudront vérifier leur appareil. Cette méthode de réglage est bien plus sensible que celle précédemment employée, car deux autres compensateurs, que j'ai pu examiner, m'ont donné les mêmes apparences.

» Du reste, le calcul, facilement applicable au cas particulier actuel, m'a montré qu'une erreur de 1 degré même n'introduirait qu'une erreur tout à fait négligeable.

» En employant cette méthode, on a trouvé que, dans la formule

$$y = A\,(K^x + K^{-x}),$$

la valeur de K était indépendante, pour une même lame, de la longueur d'onde; quant au coefficient A, il était inversement proportionnel à la longueur d'onde. Ces résultats vérifient complétement la loi de Brewster. Ces expériences ont porté, soit sur des lames trempées à l'air, soit trempées à l'huile, par les procédés de M. de la Bastie. Quelques autres ont été faites à la lumière homogène fournie: 1° par un verre rouge; 2° par le gaz salé; 3° par le sulfate de cuivre ammoniacal. Dans ce cas, on mesurait les longueurs d'onde au moyen des franges d'interférence. On peut considérer ces expériences comme les premières établissant directement cette loi, car Wertheim l'avait uniquement déduite de la comparaison des teintes avec celles des anneaux de Newton.

» Supposant que cette loi simple tenait au faible pouvoir dispersif du verre ordinaire, je pris des lames de flint lourd, présentant une forte dispersion. La loi se trouva alors inexacte: les différences de marche décroissaient rapidement du rouge au violet, et cette variation, de la raie D à la raie F, atteignait le $\frac{1}{10}$ de la valeur moyenne.

» Le même appareil me permit de vérifier la loi dans le cas où Wertheim l'avait établie, celui d'une compression régulière du verre ordinaire. Mais si, comme on le fait d'ordinaire, on comprime le verre ordinaire entre deux surfaces convexes d'acier, la différence de marche au centre croît régulièrement, quoique faiblement, du rouge au violet. Dans les mêmes circonstances, pour le flint extra-dense, la différence de marche centrale diminue encore régulièrement du rouge au violet, mais moins rapidement que dans le cas de la trempe.

» La loi posée par Wertheim n'est donc applicable qu'au verre ordinaire, comprimé régulièrement ou trempé. »

PHYSIQUE. — *Nouveau spectroscope à vision directe.* Note de M. Thollon, présentée par M. Desains.

« Cet instrument, qui est réellement et en toute rigueur à vision directe, se distingue par la parfaite symétrie de sa forme, par la petitesse de son volume, par sa légèreté relative, par la facilité et la précision avec lesquelles se manœuvrent les prismes qui sont toujours au minimum de déviation pour le rayon observé. Son pouvoir dispersif peut être très-considérable, car, d'après mes calculs, on peut le rendre équivalent à celui de quinze à vingt prismes de 60 degrés. En outre, le spectre qu'il produit offre en certains cas un caractère tout particulier et fort intéressant sur lequel je me propose de revenir.

» Que l'on imagine une lunette et un collimateur fixés invariablement dans une même monture, de manière que les axes soient sur une même ligne. Les deux objectifs en regard sont séparés par un intervalle d'environ 3 centimètres. Dans cet intervalle se trouvent deux prismes à réflexion totale, qui, réunis par leur face hypoténuse, forment un cube parfait. Les arêtes des deux prismes sont parallèles à la fente, et le cube qu'ils forment a son centre sur la ligne des axes qui est normale à deux des faces parallèles. Tout rayon sortant du collimateur suivant la ligne des axes rencontrera normalement la première face du cube, se réfléchira totalement au centre et sortira par une des faces latérales sans éprouver de réfraction et en faisant un angle de 90 degrés avec sa direction primitive. Soit h la hauteur du cube et appelons p le plan de sa base inférieure. De chaque côté du cube à une distance quelconque, plaçons deux prismes à réflexion totale dont les arêtes sont horizontales et dont la face hypoténuse, tournée du côté du cube, est parallèle à la face de ce cube qui lui est opposée; si l'arête de l'angle droit se trouve dans le plan p, il est évident que le rayon lumineux subissant dans le premier prisme une double réflexion totale changera de niveau et de direction. Il rencontrera normalement la face hypoténuse du deuxième prisme qui, agissant en sens inverse du premier, le ramènera à son niveau primitif et le réfléchira au centre du cube où une nouvelle réflexion le renverra dans la lunette suivant la ligne des axes. Le rayon passe ainsi deux fois par le centre du cube; entre le premier et le deuxième passage, il accomplit un trajet qui a la forme d'un rectangle dont les bases horizontales sont à égale distance de p, l'une au-dessus, l'autre au-dessous. Avant comme après ces deux passages, il suit exactement la

ligne des axes, de sorte que, si l'on regarde à travers la lunette la fente du collimateur, on la verra toujours à la même place et de la même manière, que le cube à réflexion soit maintenu en place ou supprimé. Tel est le procédé au moyen duquel j'ai obtenu la vision directe. On voit sans peine que si le rayon à sa première sortie du cube traverse au minimum de déviation un certain nombre de prismes égaux et de hauteur $2h$, qu'à la suite on dispose convenablement le prisme à réflexion de façon à le renvoyer parallèlement à lui-même, et que du côté opposé se trouve un système parfaitement symétrique, ce même rayon parti du centre reviendra au centre après avoir traversé deux fois chaque prisme et en faisant partout des angles d'incidence et d'émergence égaux, puis il continuera son trajet suivant l'axe de la lunette, comme dans le cas précédent. Les bases du rectangle décrit seront devenues des lignes brisées dont les diverses parties seront parallèles deux à deux.

» Sans entrer dans des détails de construction qu'il serait difficile d'exposer sans figures, il suffira de dire que le nouveau spectroscope se compose d'une partie centrale absolument fixe, et de deux systèmes mobiles exactement symétriques, par rapport au plan passant par la fente et la ligne des axes. Chaque système est lui-même composé d'un certain nombre de plaques métalliques reliées l'une à l'autre par des charnières dont les axes sont équidistants, parallèles entre eux et à la fente. Sur ces plaques sont fixés les prismes dont les arêtes sont parallèles aux axes des charnières. Enfin les deux systèmes peuvent tourner autour de deux axes fixes, parallèles aussi à la fente, situés à égale distance du plan de symétrie vers les arêtes du cube central. Les mouvements des différentes parties du même système sont rendus solidaires à l'aide de petits leviers formant parallélogramme. Les mouvements des deux systèmes sont eux-mêmes rendus solidaires au moyen de deux bras égaux s'articulant par une de leurs extrémités en deux points symétriques des systèmes mobiles, et par l'autre extrémité à un pivot commun fixé sur une coulisse. Cette coulisse entraînée par une vis de rappel se meut longitudinalement, de façon que le pivot se trouve toujours dans le plan de la fente et de la ligne des axes. Si l'instrument ainsi construit est dirigé vers le Soleil, on n'a qu'à tourner la vis de rappel pour voir passer dans le champ de la lunette tout le spectre solaire. En notant le nombre de tours et les fractions de tour que la vis a dû faire pour amener une raie quelconque sur une croisée de fils placée dans l'oculaire, la position de cette raie est déterminée avec toute la précision désirable.

» Si l'on adapte sur les faces latérales du cube deux demi-prismes, on augmente le pouvoir dispersif de l'instrument, sans en compliquer la construction; mais alors, la première incidence et la dernière émergence étant nulles, le système n'est plus au minimum de déviation absolu. Je démontrerai qu'il est à un minimum relatif qui ne modifie en rien l'image de la fente; il modifie seulement et d'une manière très-heureuse les proportions du spectre, qui se rapproche en ce cas du spectre de la diffraction.

» J'ai construit moi-même, d'après ce principe, un instrument à huit prismes, et, bien que cette construction soit très-défectueuse, elle m'a donné des résultats qui ont de beaucoup dépassé mon attente. En recevant la lumière du Soleil sur la fente du collimateur, on observe un spectre vraiment magnifique, comprenant entre les raies B et H un angle de plus de 30 degrés, ce qui, avec un grossissement de dix fois environ, lui donne une longueur de plus de 1 mètre. Entre les raies D, on voit très-nettement la fine raie de nickel et deux ou trois raies telluriques; la raie b_2 est décomposée en trois. Quoique les prismes ne soient que des prismes d'essai, les raies se dessinent avec une netteté parfaite et l'on peut passer d'une extrémité à l'autre du spectre sans faire varier le tirage de la lunette. La région violette est d'une intensité remarquable. Sans avoir besoin de concentrer la lumière sur la fente, j'ai pu voir bien au delà des raies H, ce qui ne m'a jamais réussi avec un excellent spectroscope à un seul prisme de Steinheil. Ayant adapté le nouvel instrument à une petite lunette qui projetait l'image du Soleil sur la fente, j'ai pu voir sur tout le contour du disque les raies brillantes de l'hydrogène et du hélium se dessiner avec un éclat remarquable. »

CHIMIE. — *Sur les densités de vapeur*. Extrait d'une Lettre de M. L. TROOST à M. Dumas.

« Vous savez que je poursuis depuis plusieurs mois des expériences sur l'importante question des densités de vapeurs dites *anormales*, telles que celles du soufre, de l'acide hypoazotique, de l'acide acétique et de l'hydrate de chloral.

» Peut être ne jugerez-vous pas sans intérêt d'apprendre à l'Académie que certaines des questions que vous posiez d'une façon magistrale au début de votre dernier Mémoire ont déjà reçu une solution expérimentale.

» En effet, j'ai trouvé que la densité de vapeur de l'acide acétique reprend

sa valeur théorique, correspondante à 4 volumes, même aux températures voisines de 120 degrés, si l'on opère sous une très-faible pression.

» Il résulte de cette observation, rapprochée des travaux classiques de M. Cahours sur les densités de vapeur de l'acide acétique, déterminées à la pression de 760 millimètres, que l'excès de densité de la vapeur d'acide acétique observé par M. Cahours au voisinage de son point d'ébullition « doit être expliqué par un changement rapide du coefficient de dilatation de la vapeur à l'approche de son changement d'état ».

» La densité de vapeur de l'acide hypoazotique reprend également, aux températures voisines de 22 degrés, sa valeur théorique correspondant à 4 volumes, si l'on opère sous très-faible pression.

» Au contraire l'excès analogue observé sur le soufre paraît devoir être expliqué « par une condensation polymérique des molécules du corps », d'après les expériences que j'ai faites sous de faibles pressions à 360 et à 440 degrés.

» Mon travail est presque complétement terminé ; j'aurai l'honneur d'en présenter prochainement les détails et les preuves à l'Académie. »

CHIMIE. — *Dissociation du carbonate de baryte.* Note de M. **Isambert**.

« Le carbonate de baryte est presque indécomposable par la chaleur seule; cependant M. Abich a montré qu'il se transforme en baryte caustique à la température du feu de forge. Si le carbonate est mélangé avec du charbon, la décomposition est plus facile, et il suffit d'une bonne température rouge pour donner de la baryte et de l'oxyde de carbone, alors que, en l'absence du charbon, il n'y aurait pas eu de décomposition appréciable. On rend compte de l'action du charbon en admettant, comme je l'ai déjà indiqué [1], que le charbon maintient autour du carbonate une atmosphère dans laquelle la tension de l'acide carbonique est constamment nulle, et la décomposition, qui ne donne lieu qu'à une tension très-faible de ce gaz, peut se continuer indéfiniment. J'ai essayé de montrer expérimentalement qu'il en est réellement ainsi, et que le carbonate de baryte émet de l'acide carbonique à la température du fourneau à réverbère alimenté avec du charbon de bois. Pour le vérifier, je fais passer sur le carbonate de baryte pur, placé dans une nacelle de platine, un courant de gaz inerte,

---

[1] *Revue des Cours scientifiques*, 3 juin 1876, n° 49.

azote, oxyde de carbone, air atmosphérique. Le tube de porcelaine étant vernissé à l'intérieur, et les gaz qui arrivent sur le carbonate de baryte étant desséchés et privés d'acide carbonique, si on les fait rendre à la sortie du tube dans de l'eau de baryte, on constate, aussitôt que le tube atteint le rouge, la formation d'un précipité de carbonate de baryte, et l'action continue pendant toute la durée du passage du gaz.

» Pour avoir au moins approximativement une valeur de la tension du gaz acide carbonique, j'ai fait passer très-lentement l'azote sur le carbonate de baryte, un litre de gaz en quatre-vingt-six minutes, et le poids du carbonate formé a été de 255 milligrammes, ce qui correspond à 3 pour 100 d'acide carbonique et à une tension de 22 millimètres de mercure : c'est là évidemment une valeur minimum. On peut donc dire que le carbonate de baryte se décompose par la chaleur comme le carbonate de chaux, et que la tension de gaz émis par ce corps à une température voisine de celle de la fusion du cuivre est supérieure à 20 millimètres. En outre, pour qu'il ne restât pas de doute, j'ai constaté que le carbonate de baryte s'était transformé partiellement en baryte caustique. Le carbonate de baryte se comporte comme le carbonate de chaux, et les circonstances qui, suivant le beau travail de M. Debray, agissent pour accélérer la décomposition du carbonate de chaux, agiront de même sur le carbonate de baryte. »

CHIMIE. — *Mémoire sur la solubilité de la chaux dans l'eau;* par M. **A. Lamy.** (Extrait par l'auteur.)

« Dans son *Nouveau système de philosophie chimique,* publié en 1808, Dalton a signalé le premier ce fait curieux que la chaux est plus soluble dans l'eau froide que dans l'eau chaude, et a donné, pour représenter cette solubilité, aux températures 15°,6 et 100 degrés, les nombres $\frac{100}{778}$, $\frac{100}{1270}$, que l'on trouve dans tous les Traités de Chimie.

» En 1821, Richard Philipps [1] reprit les expériences de Dalton, trouva des nombres à peu près égaux à ceux de ce savant, et obtint de plus pour coefficient de solubilité, à une température voisine de zéro, le nombre $\frac{100}{650}$, sensiblement égal à 2 fois $\frac{100}{1270}$.

» Ces travaux des deux savants anglais sont les seuls, à ma connaissance, qui aient été publiés sur la solubilité de la chaux dans l'eau.

---

[1] *Annales de Chimie et de Physique,* t. XVI, p. 213; 1821.

» Ayant été conduit à m'occuper du même sujet, à l'occasion de recherches sur la solubilité de la chaux dans les jus sucrés ([1]), je fis une série de déterminations, dont je communiquai un résumé à l'Association pour l'avancement des Sciences, à Nantes, le 25 août 1875. Un des résultats les plus saillants de mon travail était une irrégularité, une sorte d'anomalie dans la loi de variation des nombres trouvés, comparée à la loi générale de variation des coefficients de solubilité de la plupart des substances minérales connues. Aussi, dans la crainte que cette irrégularité pût être attribuée, soit à une saturation incomplète des dissolutions étudiées, soit à un manque de pureté absolue de la chaux essayée, j'annonçai que je me proposais de répéter mes expériences en employant de l'hydrate de chaux cristallisé, que j'étais parvenu à préparer en quantités notables.

» Je recommençai donc de nouvelles déterminations dans l'hiver de 1875-1876; mais celles-ci, au lieu de faire disparaître l'anomalie constatée, ne la confirmèrent que davantage. De plus, elles me révélèrent de nouveaux éléments de variation de la solubilité, notamment le temps ou la durée plus ou moins grande du contact de la chaux et de l'eau, dont je n'avais pas tenu suffisamment compte, et plus encore le fait seul de la recalcination de la chaux hydratée.

» Pour compléter autant que possible l'étude de ces nouveaux éléments, je repris, pour la troisième fois, dans l'hiver de 1876-1877, la plupart des expériences que j'avais exécutées dans le courant des deux années précédentes.

» C'est le travail d'ensemble de ces trois années que j'ai l'honneur de soumettre au jugement de l'Académie.

» La détermination de la solubilité de la chaux, que l'on pourrait croire au premier abord aussi simple que rapide, présente pourtant des difficultés et exige des précautions que Dalton et Phillips n'avaient pas soupçonnées. Elle m'a conduit à observer un assez grand nombre de faits curieux, qui n'avaient pas encore été signalés, et qui, soit dit en passant, montrent que l'étude approfondie du phénomène, en apparence le plus simple, peut encore donner lieu à des observations nouvelles et intéressantes.

» Je ne puis entrer ici dans le détail des précautions que j'ai prises pour donner à mes expériences toute la précision possible; je me bornerai à extraire de mon Mémoire le tableau XVII, faisant connaître les solubilités

---

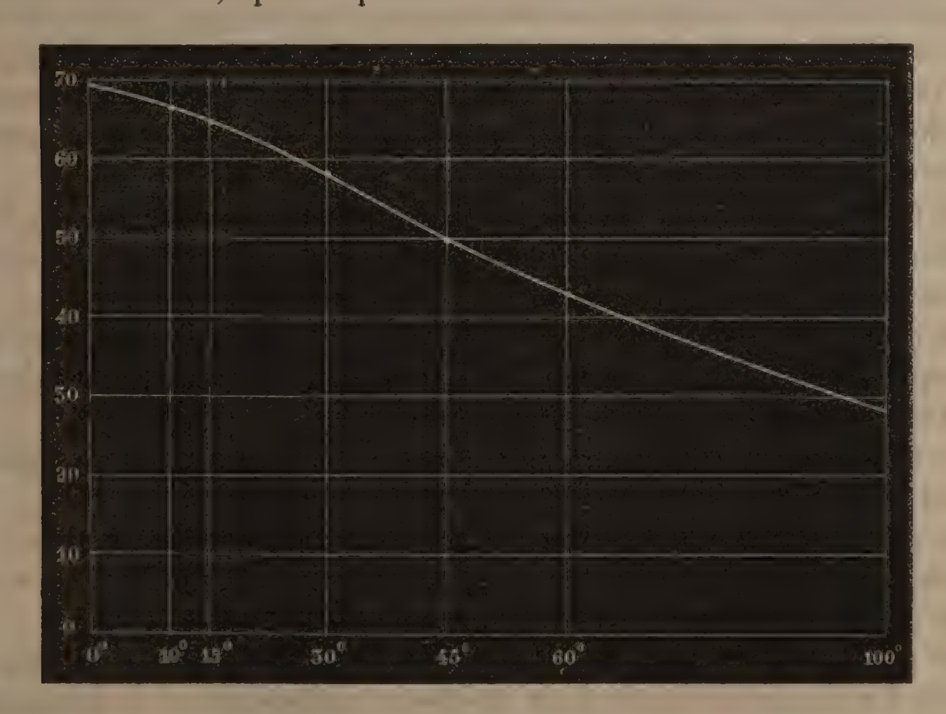
([1]) *Bulletin de la Société d'encouragement*, t. III, p. 187 (1876).

de trois variétés de chaux, et à résumer les faits les plus importants que j'ai constatés :

Tableau XVII.

Température.	Chaux de nitrate [1].	Chaux de marbre.	Chaux déshydratée ou recuite au rouge.
0°	1,362 gr	1,381 gr	1,430 gr
10	1,311	1,342	1,384
15	1,277	1,299	1,348
30	1,142	1,162	1,195
45	0,996	1,005	1,033
60	0,844	0,868	0,885
100	0,562	0,576	0,584

» Les nombres de ce tableau représentent la quantité de chaux anhydre contenue dans 1000 grammes de la dissolution. La loi de leur variation est figurée graphiquement par la courbe ci-dessous, dont la forme singulière est la même, quelle que soit la variété de chaux considérée.



» *Résumé*. — 1° La solubilité de la chaux pure dans l'eau peut varier

(1) Chaux du carbonate obtenu en précipitant le nitrate pur par le carbonate d'ammoniaque.

d'une manière permanente ou passagère, avec sa nature ou son origine, son état d'agrégation moléculaire, la température à laquelle elle a été préparée, sa déshydratation ou recalcination au rouge, la durée du contact avec l'eau, enfin un échauffement préalable plus ou moins élevé et soutenu du lait calcaire.

» 2° La chaux la moins soluble est celle qui provient du carbonate précipité du nitrate pur au moyen du carbonate d'ammoniaque. La plus soluble résulte de la calcination au rouge des chaux de diverses variétés, hydrate cristallisé, chaux de marbre ou de nitrate.

» 3° L'hydrate de chaux cristallisé ne se dissout qu'avec une excessive lenteur aux températures voisines de la glace fondante.

» 4° Plusieurs lavages successifs de la chaux, une simple élévation de température, de 30 à 45 degrés, du lait calcaire, diminuent momentanément la solubilité, tandis que la déshydratation ou le recuit au rouge l'exagère considérablement, et d'une façon permanente.

» 5° La solubilité est surtout notablement diminuée par une ébullition du lait de chaux, soutenue pendant une ou deux heures; l'effet produit ne s'affaiblit avec le temps, pour disparaître à peu près complétement, que si l'on a opéré sur de la chaux de marbre délayée depuis plusieurs mois. L'effet est permanent sur la chaux recuite, dont la solubilité est ramenée à celle de la précédente.

» 6° La solubilité des divers échantillons calcinés, plus ou moins fort et longtemps, variable dans l'origine, tend vers une limite qu'elle atteint après une durée de trois à six mois.

» 7° Pour toutes les variétés, les différences de solubilité sont moins marquées à 100 degrés qu'aux températures ordinaires, et sont d'ailleurs fort minimes.

» 8° Les nombres trouvés à zéro, 54 et 100 degrés, sont très-sensiblement différents de ceux donnés par Dalton et Phillips.

» 9° Quelle que soit la variété essayée, sa solubilité offre de 15 à 45 degrés une singularité représentée graphiquement par une inflexion en sens contraire de la courbe figurative de cette solubilité.

» 10° Cette sorte d'irrégularité n'est pas due à une différence dans le degré d'hydratation de la chaux au-dessus ou au-dessous de 30 degrés.

» 11° L'hydrate qui cristallise au-dessus de 60 degrés a la même composition chimique (CaO, HO), la même forme cristalline (prismes aplatis réguliers), et sensiblement la même densité (2,236) que l'hydrate produit à la température ordinaire.

» Enfin la proportion de chaux que renferme une dissolution est très-affaiblie par le fait seul de sa filtration, la fibre végétale du papier absorbant la chaux à la manière dont elle s'unit à certaines substances colorantes. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'acide trichloracétique anhydre.* Note de M. A. CLERMONT.

« Dans une précédente Communication, j'ai fait voir que l'action de l'acide phosphorique anhydre sur le trichloracétate d'urée donne la trichloracétylurée, qu'on peut obtenir d'ailleurs en partant du chlorure de trichloracétyle; ces faits m'ont naturellement conduit à soumettre tour à tour l'acide trichloracétique à l'action de l'acide phosphorique anhydre et à celle du chlorure de trichloracétyle, encouragé dans cette voie par le succès obtenu par M. Berthelot dans son élégante préparation de l'acide azotique anhydre.

» J'ai pu obtenir ainsi un liquide incolore, d'une odeur faible, très-avide d'eau, bouillant à 223 degrés : c'est l'acide trichloracétique anhydre, dont les propriétés physiques feront l'objet d'une Communication que j'aurai l'honneur de soumettre prochainement au jugement de l'Académie.

» Récemment, MM. Bukney et Thomsen [1] ont obtenu une très-petite quantité d'un liquide de même nature, bouillant entre 221 et 224 degrés, par l'action du chlorure de phosphore sur l'acide trichloracétique; je crois devoir faire remarquer que la production de l'anhydride trichloracétique n'est, dans ces conditions, que le résultat d'une réaction secondaire, expliquant très-bien le rendement si faible obtenu par les chimistes allemands. En effet, l'action du chlorure de phosphore sur l'acide trichloracétique donne naissance au chlorure de trichloracétyle, qui, réagissant à son tour sur l'acide trichloracétique en excès ou encore inattaqué, détermine la formation de faibles quantités d'anhydride trichloracétique.

» Le mode direct de préparation qui fait l'objet de cette Note répond à la formule très-simple

$$C^4Cl^3O^3,HO + C^4Cl^3O^2Cl = 2(C^4Cl^3O^3) + HCl. »$$

---

(1) *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*, 1877, p. 698.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les combinaisons de la quercite.* Note de M. L. **Prunier**, présentée par M. Berthelot.

« I. L'acide chlorhydrique agit sur la quercite de trois manières différentes :

» 1° Étendu, il la dissout abondamment sans l'attaquer d'une manière sensible, même à +100 degrés. Au moins, retrouve-t-on la quercite avec tous ses caractères par simple évaporation.

» 2° Avec l'acide concentré, l'attaque se produit, et il y a substitution des éléments de l'acide chlorhydrique à ceux de l'eau.

» 3° Mais, si l'on emploie l'acide en grand excès et saturé à zéro ou même au-dessous, alors l'attaque précédente se complique d'une déshydratation, en sorte qu'on se trouve en présence également de la quercitane ou plutôt de ses dérivés chlorhydriques.

» II. Si l'on chauffe en tubes scellés, au bain-marie, de la quercite avec 20 ou 25 parties d'acide saturé aux environs de 10 degrés, on voit qu'au bout de quatre ou cinq jours le liquide n'a pas changé d'aspect. On se débarrasse de l'acide en excès par évaporation dans le vide, en présence d'acide sulfurique bouilli pour absorber l'eau, et de chaux caustique pour retenir l'acide. Il se produit ainsi une abondante cristallisation de quercite. Quant à l'eau mère, on l'étend d'un peu d'eau et on l'épuise par l'éther; l'éther dissout en très-petite quantité un corps blanc, grenu, cristallin, qui offre la composition centésimale de la quercite monochlorhydrique $C^{12}H^{10}(HCl)O^{8}$:

	Trouvé.	Calculé pour $C^{12}H^{10}(HCl)O^{8}$.
C	39,5	39,4
H	7,0	6,3
Cl	19,9	19,4

Ce composé est soluble dans l'éther et l'alcool. Ce dernier l'attaque à chaud, de même que l'eau. Il fond vers 198 à 200 degrés. Dans tous les cas, ce corps se forme en très-petite quantité ($\frac{1}{10}$ au plus de la quercite mise en expérience).

» L'eau mère qui lui a donné naissance retient un autre produit organique chloré. Après avoir épuisé par l'éther, on épuise par le chloroforme, qui enlève des traces de chlorures alcalins et alcalino-terreux, puis on évapore à siccité au bain-marie, pour chasser l'éther, le chloroforme et l'acide chlorhydrique en excès.

» On arrive ainsi à une masse visqueuse, solidifiable à froid, mais non

cristallisable. Ce corps, sensiblement incolore à froid, brunit à chaud. Il est fort soluble dans l'alcool absolu, froid; après deux reprises successives, puis évaporation complète dans le vide sec, il a été analysé. C'est la *quercitane monochlorhydrique*. Le chlore a été dosé : 1° à l'état de chlorure d'argent; 2° par saponification au moyen de l'eau de baryte.

	Trouvé				Calculé
	I.	II.	III.	IV.	pour $C^{12}H^{8}(HCl)O^{6}$.
C.........	43,8	43,68	»	»	43,7
H.........	7,2	6,8	»	»	5,47
Cl.........	»	»	21,6	21,7	21,5

» III. Au lieu de chauffer au bain-marie, si l'on élève la température, la substitution chlorhydrique s'accentue, en même temps que la liqueur cesse d'être incolore, rougit, brunit ou même noircit d'autant plus que l'acide employé est plus concentré et la température plus élevée.

» Au bout de quinze heures de chauffe à 115 degrés, on a ouvert les tubes, distillé les $\frac{4}{5}$ de l'acide en excès, dilué la liqueur et finalement épuisé par l'éther. Ce dernier s'empare d'un composé légèrement teinté, qui cristallise par évaporation en longues aiguilles aplaties, dont la couleur se fonce au contact de l'air. Ce produit est fusible vers 155 degrés. Après dessiccation convenable, il a été analysé. Les chiffres conduisent à un éther trichlorhydrique de la quercite. J'ai trouvé, en centièmes : C = 33,2; H = 5,0; d'autre part, le chlore (chlorure d'argent) = 49,4 et par saponification à l'eau de baryte, 50 environ. La théorie indique, pour la quercite trichlorhydrique, $C^{12}H^{6}(HCl)^{3}O^{4}$, C = 33,1, H = 4,1, Cl = 48,9.

» IV. Pour arriver au composé saturé, j'ai réitéré l'action de l'acide chlorhydrique d'une part sur le produit trichlorhydrique ci-dessus obtenu, et d'autre part sur le liquide qui reste après épuisement à l'éther. Dans le premier cas, on obtient, toujours par solution éthérée, un produit en longues aiguilles minces, d'un jaune clair, fusible à + 102 degrés. C'est la quercite pentachlorhydrique $C^{12}H^{2}(HCl)^{5}$ (analyse I et IV).

» Dans le second cas, les cristaux sont plus courts, fusibles à + 104 degrés, moins purs que dans le cas précédent, mais ils représentent sensiblement le même corps (analyse II et III).

	Trouvé				Calculé pour $C^{12}H^{2}(HCl)^{5}$
	I.	II.	III.	IV.	Quercite pentachlorhydrique.
C......	27,92	29,6	»	»	28,07
H......	3,00	»	»	»	2,72
Cl......	»	»	69,7	70,0	69,21

» Ces résultats établissent que ce composé est entièrement *exempt d'oxygène*, et sa composition centésimale lui assigne pour formule celle de l'éther pentachlorhydrique de la quercite. Il est soluble dans l'alcool, l'éther et même la benzine. Sa formule brute $C^{12}H^7Cl^5$ le rattache à celle de l'hexachlorure de benzine $C^{12}H^6Cl^6$, dans lequel 1 de chlore serait remplacé par 1 d'hydrogène. Je me propose de revenir prochainement sur ce point.

» V. J'ajouterai, en terminant, que les liquides incristallisables, dont les corps précédents ont été extraits au moyen de l'éther, évaporés au bain-marie, puis repris plusieurs fois par l'alcool absolu froid, ont donné en quantité considérable un corps dont la composition centésimale est tout à fait voisine du composé décrit plus haut, comme une *quercitane monochlorhydrique;* en sorte que ce composé, qui est le produit principal de l'opération, saponifié par l'eau de baryte (à laquelle il cède 21,8 pour 100 de chlore), a donné en définitive, par évaporation convenable, après neutralisation exacte à l'acide sulfurique, un nouveau corps, sensiblement incolore, qui ne cristallise pas par refroidissement.

» Ce composé, légèrement déliquescent, est soluble en presque totalité dans l'alcool (le résidu est de la quercite). Après deux redissolutions dans l'alcool absolu à froid et dessiccation dans le vide sec, il a donné à l'analyse les nombres correspondant à la *quercitane* $C^{12}H^{10}O^8$.

	Trouvé		Calculé
	I.	II.	pour $C^{12}H^{10}O^8$
C.......	49,1	49,40	49,31
H.......	7,2	7,07	6,85

» Je poursuis actuellement l'étude de ses propriétés physiques. »

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Recherches sur la nature des produits très-volatils contenus dans les benzines brutes.* Note de MM. **Camille Vincent** et **Delachanal**.

« Lorsqu'on rectifie les benzines brutes, on obtient une certaine quantité de produits qui distillent avant 80 degrés ; ce sont ces produits dont nous avons entrepris l'étude.

» Si l'on abandonne ces liquides au repos, ils se divisent en deux couches : la couche inférieure, beaucoup plus lourde que l'eau, formée essentiellement de sulfure de carbone, et la couche supérieure, plus légère que l'eau.

» 1° En soumettant à la distillation cette couche supérieure, on recueille, avant 75 degrés surtout, du sulfure de carbone. Le produit qui distille entre 75 et 83 degrés étant traité par de la lessive de potasse ou de soude, ou par de la chaux éteinte dans un appareil à reflux, dégage des torrents d'ammoniaque, tandis qu'il se forme un acétate.

» Lorsque le dégagement de l'ammoniaque cesse, il reste dans l'appareil, avec l'acétate alcalin et l'excès d'alcali employé, un produit liquide qui, convenablement distillé et séché sur de la chaux vive, présente toutes les propriétés et les caractères de l'alcool éthylique anhydre. Ce produit a été caractérisé :

» *a*. Par son point d'ébullition;

» *b*. Par la formation de l'éther iodhydrique dont le point d'ébullition a été vérifié, ainsi que les principales propriétés chimiques;

» *c*. Par la production de l'éthylène et de la liqueur des Hollandais bromée $C^4H^4Br^2$, dont le point d'ébullition a été vérifié et trouvé à 132 degrés;

» *d*. Par le sulfovinate de baryte qui a été obtenu parfaitement pur, et dont l'analyse a donné des résultats ne laissant aucun doute.

» Le dégagement d'ammoniaque observé lors du traitement par les alcalis de la courbe supérieure des produits bruts est dû à la décomposition d'une quantité considérable de cyanure de méthyle ou acétonitryle (variant de 50 à 70 pour 100 du produit léger) qui, dans ces circonstances, fixe les éléments de l'eau en donnant naissance à de l'ammoniaque et à de l'acide acétique, qui sature peu à peu l'acide employé.

» La matière saline, résidu de l'opération, a été traitée par l'acide sulfurique, en vue d'en extraire l'acide acétique, qui a servi à former des acétates de soude et de baryte, et ce dernier a été analysé. On a préparé également de l'acide acétique concentré.

» En vue d'isoler le cyanure de méthyle, la couche liquide plus légère que l'eau, et débarrassée des produits lourds, a été mise à digérer sur du chlorure de calcium fondu et pulvérisé, afin de retenir l'alcool; le mélange a ensuite été soumis à la distillation au bain-marie.

» En répétant plusieurs fois ce traitement, on a enrichi considérablement le produit en cyanure, sans toutefois pouvoir enlever la totalité de l'alcool.

» 2° La couche liquide inférieure des produits bruts, distillant avant 80 degrés, est formée principalement par du sulfure de carbone, qu'il est

facile d'obtenir presque complétement pur par l'agitation avec de l'acide sulfurique concentré; en répétant ce traitement jusqu'à ce que l'acide sulfurique employé ne noircisse plus sensiblement et en rectifiant le produit au bain-marie, on obtient du sulfure de carbone très-pur, dont le point d'ébullition est fixe.

» Ce produit a été caractérisé :

» *a*. Par son point d'ébullition et par sa densité;

» *b*. Par le dosage du soufre, directement au moyen de l'hypobromite de potasse, qui transforme le soufre en acide sulfurique qu'on pèse à l'état de sulfate de baryte;

» *c*. Par la production du xanthéthylate d'ammoniaque, et du sulfocyanhydrate d'ammoniaque.

» Le sulfure de carbone se trouve mélangé dans la couche inférieure avec une certaine quantité, mais très-faible, de carbures d'hydrogène très-volatils, difficiles à séparer à cause de leur faible proportion, et de leur point d'ébullition voisin de celui du sulfure de carbone. Nous avons pu néanmoins isoler une certaine quantité de ces carbures en opérant de la manière suivante. On a recueilli à part la portion du produit distillant avant 40 degrés, on l'a additionnée d'alcool et d'ammoniaque et l'on a chauffé le mélange au bain-marie en vase scellé. On a transformé ainsi tout le sulfure de carbone en sulfocyanhydrate d'ammoniaque, soluble dans l'eau. Après refroidissement, on a traité par l'eau, afin d'enlever le sulfocyanhydrate, ainsi que l'excès d'alcool et d'ammoniaque, et le produit insoluble et plus léger que l'eau a été séché, puis distillé. Le liquide ainsi obtenu, exempt de sulfure de carbone, est un mélange de carbures absorbables par le brome et riche en amylène.

» En résumé, indépendamment des carbures d'hydrogène déjà signalés dans la partie des huiles de houille qui distille avant la benzine, nous avons trouvé et caractérisé : l'alcool ordinaire, le cyanure de méthyle et le sulfure de carbone; ces deux derniers sont en proportions telles, qu'il serait avantageux industriellement de traiter ces produits légers en vue de fabriquer de l'acétate de soude et de l'ammoniaque par la décomposition du cyanure de méthyle et d'extraire le sulfure de carbone. »

PHYSIOLOGIE. — *De l'emploi des disques rotatifs pour l'étude des sensations colorées* (suite) : *De l'harmonie des couleurs* (¹). Note de M. **A. Rosenstiehl**. (Extrait.)

« J'ai insisté, dans mes Notes précédentes, sur la différence qu'il faut faire, quand il s'agit de modifications d'une couleur par le blanc ou par le noir, entre le *mélange des matières* et le *mélange des sensations*. Il ne sera question que de ce dernier cas. Pour abréger le langage, je donnerai le nom de *groupe* à l'ensemble des dérivées d'une seule couleur franche, que l'on obtient, à l'aide du disque rotatif, en mélangeant l'impression de cette couleur à celle de la lumière blanche, du noir absolu, ou des deux à la fois. Je désignerai par *série* les groupes correspondant à *deux couleurs franches complémentaires*.

» Je me suis préparé une collection de couleurs en copiant celles qui ont été obtenues à l'aide du disque rotatif; chacune de ces couleurs est représentée par deux chiffres, l'un désignant l'angle du secteur de la couleur franche, l'autre l'angle du secteur blanc. Ces couleurs me servent de guide quand il s'agit de colorier un dessin.

» Je choisirai un exemple caractéristique : c'est mon premier essai fait en 1870-1871. Il s'agissait d'un dessin représentant des fleurs grises sur fond noir, dans lequel l'unique couleur franche était un orangé jaune, coloriant quelques ornements accessoires. L'ensemble, tel que l'artiste l'avait conçu, était extrêmement incolore. L'idée me vint de mettre en pratique un précepte de M. Chevreul, qui recommande, pour relever l'éclat d'une couleur franche, de l'entourer d'un espace coloré en gris teinté par la complémentaire de cette couleur. Je remplaçai le gris normal des fleurs par un gris vert-bleu, complémentaire de l'orangé-jaune : au noir formant la taille-douce du dessin, je substituai un orangé-jaune très-rabattu et très-foncé. Les fleurs et les ornements acquirent sur le fond noir une sorte

---

(¹) J'hésiterais à traiter ce sujet délicat si, pour apprécier le résultat de mes expériences, j'en eusse été réduit à me fier à mon propre jugement. Si je me permets de poser, avec confiance, quelques principes, qui sont le développement de ceux qui résultent des travaux de M. Chevreul sur le contraste simultané des couleurs, c'est que je me suis trouvé dans des conditions exceptionnellement favorables pour cette étude. Attaché à une grande fabrique d'impressions de l'Alsace, j'ai eu pour mission de colorier des étoffes destinées à l'ameublement. Cette situation m'a donné, pour critiques, mon entourage, formé d'hommes ayant l'expérience de la couleur et de la convenance d'un coloris et, pour juge définitif, le public, dont l'avis favorable se traduisait par une vente d'autant plus étendue, que le problème que je m'étais posé était mieux résolu.

d'éclat métallique, et le succès vint justifier le principe qui avait servi de guide.

» J'assortis alors un certain nombre de dérivées d'une couleur franche avec celles de la couleur complémentaire. Je réussis à juxtaposer des couleurs franches de la même série, telles que l'orangé-jaune et le bleu, le rouge et le vert-bleu, sans obtenir des contrastes durs.

» Voici encore une autre observation : j'ai classé, à l'aide du disque rotatif, les couleurs employées dans l'industrie des toiles peintes, afin de réunir celles qui sont complémentaires entre elles, et de trouver la place qui leur convient dans les cercles chromatiques de M. Chevreul. J'ai constaté qu'elles se répartissent d'une manière fort inégale dans cette construction. Tandis que le jaune-orangé, et notamment le cinquième orangé, y étaient représentés par de nombreux dérivés, le bleu complémentaire n'existait pas dans la palette industrielle. L'outremer et le bleu de France (cyanure de fer), seuls employés alors, sont complémentaires d'une couleur voisine du premier ou du deuxième jaune du cercle chromatique de M. Chevreul.

» Industriellement, ces bleus n'étaient pas assortis à ce jaune, mais, quand le dessin le permettait, à l'orangé-jaune. L'ensemble était trop rouge. Je crus rectifier cet assortiment, en unissant ces bleus avec leur complémentaire, dont la nuance est voisine de celle du chromate neutre de plomb. Le coloris fut apprécié comme *meublant trop mal* et rejeté. En renversant alors la question, je fis un autre coloris, où, maintenant l'orangé-jaune, je remplaçai le bleu de France par le vert-bleu complémentaire. L'effet de cet assortiment a été trouvé très-agréable et préféré à la combinaison du bleu de France avec l'orangé-jaune.

» Cette expérience me fit voir que certains couples de couleurs complémentaires se prêtent mieux que d'autres à l'ameublement, et que l'orangé-jaune, notamment, joue dans la décoration un rôle tout particulier. J'en vins alors à essayer d'assortir la couleur de l'étoffe avec la couleur du bois des meubles qui doivent orner la même pièce. J'appliquai aux divers bois le procédé que j'avais employé pour classer les étoffes colorées : je déterminai la complémentaire de leur couleur. Je trouvai ainsi que le palissandre et l'acajou font partie du groupe du cinquième orangé et de l'orangé-jaune; le chêne et le noyer naturel au deuxième, et l'érable au troisième orangé-jaune. Il était évident, dès lors, pour moi, que les coloristes avaient peu à peu désigné un certain nombre de couleurs convenant à l'ameublement, parce qu'elles s'assortissent bien avec le bois des meubles. Je fus ainsi conduit à faire des coloris assortis spécialement à l'acajou, que la vente a accueillis favorablement.

» Allant plus loin dans ces recherches, je reconnus que la couleur que les peintres appellent *chair*, parce qu'elle représente la couleur moyenne du corps humain, dérive de l'orangé-jaune. On peut la produire à l'aide du disque rotatif, en le couvrant de secteurs égaux de cette couleur et de blanc, qui comprend, on se le rappelle, l'acajou; bien plus, la couleur des cheveux bruns appartient aussi à cette série, tandis que celle des cheveux blonds dérive du premier ou du deuxième orangé-jaune, série à laquelle appartient aussi la couleur du noyer naturel. Je signale cette coïncidence remarquable, qui, j'en suis convaincu, n'est pas un effet du hasard.

» Je me borne à résumer le résultat de l'expérience que j'ai acquise, par les propositions suivantes :

» I. *Coloris dérivé d'une seule couleur franche.* — Les couleurs qui dérivent d'une seule couleur franche, c'est-à-dire qui ont même complémentaire, forment entre elles des assortiments harmonieux. On réalise ainsi ce que M. Chevreul appelle *harmonie d'analogues*.

» II. *Coloris dérivés de deux couleurs franches.* — L'assortiment le plus agréable est celui de diverses couleurs dérivées de deux complémentaires. L'harmonie qui en résulte a été appelée par M. Chevreul *harmonie de contraste*. A cette proposition, il convient de joindre encore celle-ci : Les surfaces occupées par les couleurs complémentaires doivent être telles qu'elles soient représentées, dans la composition, par le même rapport que dans la lumière incidente. Quand l'étendue de chaque couleur est assignée par le dessin, il faut choisir, parmi les dérivées, celles qui remplissent cette condition. Les chiffres qui représentent les relations des dérivées avec la couleur franche, et qui sont inscrits sur mes tableaux, servent de guide pour l'arrangement des coloris.

» III. *Coloris dérivés de trois couleurs franches.* — Mon expérience ne s'étend pas encore à ces coloris; mais, à défaut d'expériences, s'il est permis de conclure par analogie, les principes énoncés ci-dessus se confirmeront pour trois et plusieurs coulêurs, pourvu qu'elles soient choisies de telle manière, que, par leur nuance et par l'étendue qu'elles occupent, elles puissent reproduire la lumière incidente.

» IV. Quand, au lieu d'assortir des couleurs complémentaires par rapport à la lumière incolore, on les choisit complémentaires par rapport à une lumière colorée, on réalise ce que M. Chevreul appelle *harmonie d'une lumière colorée dominante*. La plus agréable à l'œil est celle de l'orangé-jaune, qui compte, parmi ses dérivées, les couleurs de l'or, celle du corps humain et du bois de meubles; un pareil coloris présente cet aspect particulier, que les artistes appellent *chaud*. »

MINÉRALOGIE. — *De l'emploi du microscope polarisant à lumière parallèle pour la détermination des espèces minérales contenues dans les plaques minces de roches éruptives*. Note de M. A.-MICHEL LÉVY, présentée par M. Des Cloizeaux.

« J'ai l'honneur de soumettre à l'Académie le résultat d'un travail sur la détermination minéralogique des éléments cristallisés contenus dans les plaques minces des roches éruptives au moyen des extinctions qu'ils subissent dans la lumière parallèle entre deux Nicols croisés.

» L'orientation cristallographique de ces éléments est généralement indéterminée, et l'emploi du microscope polarisant à lumière parallèle est seul possible à cause de la petitesse des cristaux et de l'extrême minceur qu'on est obligé de donner à la plaque pour la rendre suffisamment transparente. Mais ces inconvénients sont compensés par le grand nombre de cristaux sur lesquels on peut opérer, et par l'allongement favori de certaines espèces minérales suivant une arête déterminée.

» Je me suis proposé d'étudier la variation des positions d'extinction d'un minéral donné, suivant toutes les sections qu'il peut présenter parallèlement à son arête d'allongement, en cherchant l'angle de chaque position d'extinction avec cette arête de direction constante. Il convient, en effet, de remarquer que les sections appartenant à cette zone pourront généralement se distinguer à première vue dans une plaque mince et frapperont l'œil par leur allongement caractéristique et par la relation connue de cet allongement avec les clivages faciles.

» Lorsque l'arête de zone est contenue dans un plan principal d'élasticité, le maximum absolu de l'angle d'extinction n'a pas toujours lieu dans le plan; si l'on suppose l'arête de zone située dans le plan des axes optiques et faisant, avec la bissectrice de leur angle aigu $2V$, un angle plus grand que $\frac{\pi}{2} - V$, plus petit que $\frac{\pi}{2} + V$, le maximum absolu ne coïncide pas avec l'angle d'extinction constaté dans le plan des axes optiques.

» Voici les résultats numériques obtenus pour quelques-uns des principaux minéraux des roches éruptives, en partant des données dont la Science est redevable à M. Des Cloizeaux.

» *Pyroxène*. — L'allongement habituel des microlithes de pyroxène a lieu suivant l'arête h^1g^1. Dans cette zone, les extinctions, rapportées à la longueur des microlithes, oscillent entre zéro et 36 degrés.

» Le diallage ne se présente pas en général avec des formes extérieures bien définies, mais on peut rapporter ses extinctions à la trace du plan de clivage le plus facile h^1; dans la zone $h^1 g^1$, elles oscillent entre zéro et 39 degrés; elles atteignent le même maximum dans la zone $p^1 g^1$, et il y a plus de sept chances sur neuf de tomber dans cette dernière zone sur des extinctions comprises entre 35 et 39 degrés.

» *Amphibole*. — La hornblende est généralement allongée, comme le pyroxène, suivant l'arête $h^1 g^1$; dans cette zone, ses extinctions se font constamment à peu près suivant sa longueur et n'atteignent pas habituellement un maximum de 15 degrés. Ce dernier angle peut être considéré comme caractéristique de l'actinote.

» *Épidote*. — L'allongement habituel de l'épidote suivant ph^1 donne à ses cristaux une extinction constamment longitudinale; mais, le plus souvent, l'épidote se présente en petites lamelles irrégulières présentant un clivage très-marqué suivant p; les extinctions de la zone pg^1, rapportées aux traces de ce clivage facile, oscillent entre zéro et 29 degrés.

» *Sphène*. — Les granules irréguliers du sphène présentent souvent des clivages marqués suivant mm; quand ces clivages sont parallèles entre eux, on a affaire à la zone $h^1 g^1$ et le sphène y présente tous les angles possibles d'extinction entre zéro et 45 degrés.

» *Orthose*. — Les microlithes d'orthose sont souvent allongés suivant l'arête pg^1; dans cette zone, quelle que soit la position des axes optiques de l'orthose, l'extinction oscille entre zéro et 5 degrés.

» L'orthose en grands cristaux porphyroïdes est parfois allongé suivant $h^1 g^1$; les extinctions sont dans cette zone très-variables, suivant la position des axes optiques.

» *Feldspaths tricliniques*. — Quand ils se présentent en microlithes, leur allongement a lieu suivant pg^1; s'ils sont porphyroïdes, on doit rechercher ceux dont les lamelles, hémitropes suivant la loi de l'albite, s'éteignent symétriquement de part et d'autre de la ligne de macle.

» J'ai récemment appliqué ces données à la détermination des feldspaths tricliniques de quelques séries de roches. Dans les ophites des Pyrénées, j'ai pu notamment distinguer une série à oligoclase et une autre à labradorite.

FELDSPATHS.	ZONE pg^1. Microlithes allongés suivant pg^1.		ZONE PERPENDICULAIRE A g^1. Extinctions symétriques de part et d'autre de la macle, ou sections non maclées presque rectangulaires.	
	Extinctions rapportées à la longueur des microlithes.	Extinctions de deux lamelles hémitropes suivant la loi de l'albite.	Extinctions rapportées à la trace du plan g^1.	Extinctions de deux lamelles hémitropes suivant la loi de l'albite.
Microcline. .	0° à 16°	0° à 31°	0° à 18° 0'	0° à 36° 0'
Albite......	0 à 19	0 à 12	0 à 15.45	0 à 31.30
Oligoclase . .	0 à 2	0 à 3	0 à 18.30	0 à 37
Labradorite.	0 à 17 ou à 27	0 à 18	0 à 31.15	0 à 62.30
Anorthite...	0 au delà de 30	0 au delà de 40	0 au delà de 37.21	0 au delà de 74.42

MINÉRALOGIE. — *Sur la leadhillite de Matlock.* Note de M. **Em. Bertrand**, présentée par M. Des Cloizeaux.

« La leadhillite n'a été trouvée jusqu'à présent que dans un petit nombre de localités dont les principales sont : Leadhills, en Écosse, Mala-Calzetta en Sardaigne, et Nertschinsk, en Sibérie. J'ai trouvé récemment un échantillon de ce minéral venant de Matlock, en Derbyshire.

» La leadhillite de Matlock, d'après les quelques angles que j'ai pu mesurer, paraît identique cristallographiquement aux leadhillites déjà connues; on y observe les mêmes macles, et je n'ai trouvé de différence que dans les propriétés optiques.

» L'écartement des axes dans l'air est, pour la lumière jaune, $2E = 72°$; tandis que pour la leadhillite d'Écosse et de Sardaigne on trouve $2E = 21°$ environ.

» L'influence de la chaleur sur l'écartement des axes est également différente. Tandis que dans la leadhillite d'Écosse et de Sardaigne, les axes se rapprochent jusqu'à se réunir à une température d'environ 150 degrés [1], température au delà de laquelle le minéral devient opaque, la

---

[1] Des Cloizeaux, *Nouvelles recherches sur les propriétés optiques des cristaux naturels et artificiels*, etc., t. XVII des *Mémoires présentés par divers savants à l'Institut de France*, année 1867.

leadhillite de Matlock peut être chauffée jusqu'à 225 à 250 degrés sans devenir opaque ; et les axes optiques ne se rapprochent que très-peu ; l'écartement devient vers 250 degrés $2E = 66°$.

» La chaleur ne semble pas modifier la position de la bissectrice, ni dans la leadhillite de Matlock, ni dans celles de Leadhills ou de Sardaigne. A une température supérieure à 250 degrés, mais que je n'ai pu préciser exactement, la leadhillite de Matlock décrépite fortement, tandis que la leadhillite d'Écosse décrépite fort peu, mais devient opaque à une température de 150 degrés environ, bien inférieure, comme on voit, à celle que la leadhillite de Matlock peut supporter sans éprouver d'altération.

» N'ayant qu'un échantillon du minéral de Matlock, je n'ai pas voulu le sacrifier pour en faire l'analyse, mais il serait intéressant, lorsque l'on pourra en trouver de nouveaux échantillons, de voir s'il y a quelques différences dans la composition chimique, particulièrement dans la proportion d'eau, entre le minéral de Matlock et celui des autres localités.

» La leadhillite de Leadhills est quelquefois accompagnée d'une autre espèce minérale, la suzannite, dont les angles, très-voisins de ceux de la leadhillite, et l'identité dans la composition chimique, ont souvent fait penser à réunir en une seule espèce ces deux minéraux, qui ne différeraient que par le système cristallin, la suzannite étant rhomboédrique d'après les mesures de M. Miller, et la leadhillite étant orthorhombique, d'après Haidinger, ou clinorhombique, d'après les dernières recherches de M. Laspeyres [1].

» Je citerai un échantillon de Leadhills où j'ai trouvé des cristaux blancs ou légèrement gris à une extrémité, montrant deux axes optiques à 21 degrés d'écartement, et verts à l'autre extrémité, montrant un seul axe optique.

» Un autre cristal montre au milieu une partie grise à deux axes optiques et aux deux extrémités deux pointements verts formés de trois faces ne possédant qu'un seul axe optique. Enfin j'ai constaté sur des lames de clivage une partie centrale à deux axes optiques, entourée d'une bordure à un seul axe.

» Ces cristaux verts dont je viens de parler, et qui ont été considérés jusqu'à présent comme de la suzannite, sont-ils de la leadhillite dont l'écartement des axes serait nul, ou sont-ils réellement de la suzannite, et doit-on en conclure que la suzannite n'est autre chose que de la leadhillite

---

[1] *Zeitschrift für Krystallographie* de P. Groth, 1877, n° 2, p. 193.

à écartement des axes nul, ou bien doit-on voir dans ces groupements un phénomène analogue à celui que M. Des Cloizeaux a signalé pour le clinochlore et la kammerérite du Texas en Pensylvanie?

» Cette question me paraît assez difficile à résoudre, surtout ne connaissant pas les échantillons types de suzannite qui se trouvent au musée de Cambridge, et notamment les cristaux noirs de localité douteuse, supposée être Moldawa en Banat. Dans tous les cas, je crois devoir attirer l'attention des minéralogistes sur ces deux faits nouveaux, de l'existence d'une leadhillite à axes optiques écartés de 72 degrés, et d'un groupement intime de leadhillite et de suzannite.

» Ces deux observations ne permettent pas d'établir que la leadhillite et la suzannite ne sont qu'une même espèce, surtout après les travaux de minéralogistes tels que Miller, Brooke, Haidinger, etc..., mais elles montrent encore de nouvelles analogies entre ces deux minéraux déjà si voisins et par la composition chimique et par les angles que présentent les cristaux. »

MINÉRALOGIE. — *Sur un nouvel appareil à densité.* Note de M. **F. Pisani**, présentée par M. Des Cloizeaux.

« Le caractère de la densité est très-important en Minéralogie, puisque, étant donnée la connaissance de l'élément électronégatif d'un minéral (caractère facile à obtenir, au moyen de quelques essais au chalumeau), un simple essai de densité, joint à celui de la dureté, suffit ordinairement pour déterminer l'espèce. Pour les silicates surtout, la détermination de la densité est un des meilleurs moyens de reconnaissance, ainsi que pour les nombreux sulfures, arséniures métalliques et leurs combinaisons, minéraux presque toujours gris et difficiles à distinguer, surtout en l'absence de formes cristallines. En supposant même qu'on eût affaire à un corps cristallisé, il y a peu de personnes, s'occupant de Minéralogie à un point de vue tout pratique, qui puissent tirer de ce caractère le même parti qu'un minéralogiste cristallographe exercé. Dans quelques cas, les essais au chalumeau suffisent pour reconnaître entièrement le minéral; mais, le plus souvent, une analyse qualitative seule ne suffit point, et c'est alors qu'il est utile de connaître la densité et la dureté.

» Pour la détermination de la dureté, l'échelle de Mohs est très-pratique et généralement adoptée; pour la densité, on a proposé différents moyens, dont les uns donnent des résultats très-exacts, comme la méthode du flacon

et celle de la balance hydrostatique, tandis que les autres donnent des résultats seulement approximatifs, comme l'aréomètre de Nicholson et la balance de Jolly. De ces deux derniers instruments, le premier présente des inconvénients pour l'observation, et le second, à cause de son volume, ne peut servir en voyage.

» L'appareil dont je vais donner la description, tout en ne fournissant que des résultats approchés, remplit parfaitement toutes les conditions d'un instrument pratique et de voyage en même temps. De plus, comme il est nécessaire pour son emploi d'avoir une petite balance avec des poids, le minéralogiste voyageur peut avoir à sa disposition de quoi faire en même temps des analyses quantitatives.

» L'appareil à densité se compose d'un réservoir en verre cylindrique, de la capacité de 5 centimètres cubes environ, fermé, comme dans les flacons à densité ordinaires, par un bouchon percé portant un trait à l'extrémité de sa tige; ce réservoir est soudé à un tube ayant environ 4 millimètres de diamètre intérieur et une longueur de 25 centimètres. Ce tube fait avec le réservoir un angle de 45 degrés; il est divisé en cinquantièmes de centimètre cube, avec une capacité de 3 centimètres cubes environ. Le zéro de l'appareil est sensiblement sur la ligne horizontale, aboutissant au trait de la tige du bouchon, quand on tient le tube dans une position verticale. Pour prendre une densité, on commence par peser le minéral, réduit autant que possible en petits fragments uniformes, sur une petite balance à main, sensible à 5 milligrammes. On prend de 2 à 3 grammes, si c'est possible, surtout pour les substances très-denses. L'appareil est ensuite rempli d'eau jusque près de l'orifice de l'ouverture du réservoir, en ayant soin de tenir ce dernier dans une *position verticale;* on bouche avec soin et l'on place le doigt à l'extrémité de la tige du bouchon, pour empêcher le liquide de sortir quand on place à son tour le tube gradué dans une position verticale; on ouvre alors graduellement l'ouverture de la tige, de manière à faire venir le liquide du réservoir *jusqu'au trait marqué*, et l'on observe sur le tube gradué la hauteur du liquide. Avec un peu de tâtonnement, en épongeant avec du papier à filtre l'eau qui sort du bouchon, on peut arriver à mettre le liquide juste au zéro; mais ce moyen est inutile, pourvu qu'on soit très-près de ce point et qu'on note exactement la division servant de point de départ. Cela fait, on incline de nouveau l'appareil pour le remettre dans la première position, on enlève avec soin le bouchon sans y laisser de liquide, et l'on introduit dans le réservoir le minéral pesé; on referme l'appareil avec les mêmes précautions, on le redresse et on lit

l'augmentation de volume. Une simple soustraction donne le volume qui sert à calculer la densité. Comme on évalue facilement la moitié d'une division, on aura encore une approximation suffisante pour tous les besoins pratiques du minéralogiste. Cette détermination se fait en moins de cinq minutes, et l'on peut essayer ainsi même des sables naturels qui restent alors dans la partie courbe de l'appareil. »

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Expériences démontrant le rôle de l'air introduit dans les systèmes artériel et veineux.* Note de M. V. **Feltz**, présentée par M. Ch. Robin.

« Les remarquables expériences de M. P. Bert [1] sur la décompression brusque ayant démontré que les gaz du sang peuvent devenir libres, les savantes investigations de M. Jamin [2] ayant établi que la circulation d'index liquides séparés par de petites colonnes d'air ne peut avoir lieu dans des tubes capillaires que sous des pressions énormes, j'ai voulu étudier d'une manière spéciale les effets de l'introduction de l'air dans le système artériel et répéter, dans des conditions favorables à la détermination de la tension intra-cardiaque, les expériences d'injection d'air dans les veines, de Bichat, d'Amussat, de Nysten et d'Oré. J'ai surtout cherché à préciser le rôle que ces embolies gazeuses artérielles ou veineuses peuvent jouer dans la décompression brusque.

» Ces injections d'air en quantité de 20, 15, 10, 8, 4, 2 et 1 centimètres cubes dans le *système aortique* de dix chiens m'ont conduit aux résultats suivants :

» 1° L'introduction d'air dans le cœur gauche, par une sonde suivant la carotide, donne lieu à des accidents nerveux généralisés entraînant la mort au bout de quelques minutes, parfois après quelques heures. Détachés de la planche, les chiens tombent plus ou mois paralysés des mouvements et de la sensibilité; ils exécutent souvent des mouvements de manége pour être pris ensuite de convulsions épileptiformes ou rhythmiques reproduisant les gestes de la marche. Le pouvoir réflexe de la moelle est diminué, aboli ou exagéré. Les sphincters sont relâchés ou convulsés, le cœur bat irrégulièrement, la respiration est spasmodique.

---

(1) Paul Bert, *Pression barométrique*, p. 939 et suivantes.

(2) Jamin, *Leçons sur les lois de l'équilibre du mouvement des liquides dans les corps poreux*. Paris, 1861, p. 4 et suivantes.

» 2° A la suite d'injection d'air dans l'aorte abdominale, j'ai toujours vu des symptômes de paraplégie passagers ou permanents, très-souvent des troubles respiratoires entraînant la mort par asphyxie. Cette complication survient lorsque l'on porte la canule au delà du diaphragme. Le pouvoir excito-moteur de la moelle est parfois exagéré. La paralysie rectale et vésicale ne s'est présentée qu'une fois.

» 3° Le passage de l'air dans le cercle cérébral par injection dans une collatérale de la carotide amène plus ou moins de paralysie de la mobilité et de la sensibilité avec prédominance des signes de l'un ou de l'autre côté. Le pouvoir de la moelle reste entier et les excitations périphériques provoquent les mouvements automatiques de la course. Les sens peuvent être atteints : j'ai vu un chien rester aveugle trois jours. Le cœur et les poumons sont rarement troublés. La scène se termine souvent par des spasmes tétaniques.

» L'autopsie permet de constater plus ou moins de bulles dans les artérioles et les capillaires des territoires dépendant du centre d'injection; les bulles sont enclavées dans le sang des capillaires ou réunies sous forme d'index divisant et subdivisant en tronçons les colonnettes du sang. Cette disposition se voit à la loupe dans le système nerveux central, dans les terminaisons des artères diaphragmatiques, des mésentériques, dans les capillaires des capsules rénales, dans les artères musculaires du cœur, etc.

» Les méninges, les toiles choroïdiennes des ventricules, la substance grise du cerveau ou de la moelle sont souvent le siége de petits infarctus hémorrhagiques qui font place, si la vie se prolonge, à des foyers de ramollissement. Le cœur ne renferme de gaz qu'en cas de mort subite : je n'en ai trouvé qu'une fois dans le cœur droit, je n'en ai jamais vu dans les veines.

» L'étude comparative des lésions matérielles et des troubles physiologiques montre que l'action de l'air dans les artères se traduit par des arrêts mécaniques de la circulation dans certain territoires capillaires, principalement ceux du système nerveux central qui sont les plus fins. Les bulles d'air, mélangées au sang et incessamment battues par ce liquide, rendent le passage dans les capillaires d'autant plus difficile que l'étroitesse de ceux-ci augmente: la rupture possible de certains canaux ne laisse pas de doute à cet égard. La persistance des symptômes prouve avec les lésions anatomiques que la progression du sang dans les réseaux capillaires est très-difficile en cas d'obstruction de leurs lumières par des index gazeux dont l'élasticité équilibre les efforts cardiaques. Le retour possible à l'état normal démontre qu'il peut y avoir diffusion des embolies aériennes.

» Il est impossible de provoquer chez le chien le moindre signe morbide, par aspiration thoracique d'air dans le *cœur droit* à travers des tubes de verre enfoncés jusqu'au thorax, dans les veines axillaires et jugulaires maintenues béantes de cette façon. Pour pouvoir apprécier la tension intra-veineuse, en cas d'injection d'air dans le système veineux, je mets les veines *crurale* ou *jugulaire* en communication avec un tube à robinet ayant prise sur un flacon à trois tubulures, dans lequel je place assez d'eau pour que 50 centimètres cubes

d'air introduit par la seringue fassent monter l'eau dans le tube médian, à une hauteur de 50 centimètres.

» J'ai pu m'assurer par une série d'expériences portant sur vingt chiens qu'il n'y a mort que lorsque la masse d'air introduite dans la veine fait équilibre à une hauteur d'eau de 35 centimètres. Si l'on procède lentement en n'injectant 50 centimètres cubes que de dix en dix minutes, on arrive à des quantités d'air énormes, de 750 à 1200 centimètres cubes, sans même produire de syncope. Les sels troubles qui se révèlent sont le froissement intracardiaque, l'accélération de la respiration et quelque peu de prostration cérébrale. Injecte-t-on plus rapidement, l'animal tombe en syncope avec 100, 150 et 200 centimètres cubes d'air et une tension intra-veineuse de 15 à 20 centimètres de hauteur d'eau. L'état syncopal ne dure que quelques instants, les battements du cœur reprennent très-vite, les inspirations, d'abord rares et profondes, deviennent de plus en plus fréquentes, puis régulières, et la tension retombe à zéro, si bien qu'au bout d'une demi-heure ou trois quarts d'heure l'animal est remis, toutes preuves de l'élimination rapide de l'air par les poumons. Agit-on par introduction immédiate de 100 à 200 centimètres cubes d'air, les animaux succombent très-vite par syncope asphyxique; en ce cas, la colonne d'eau indiquant la tension ne tombe jamais au-dessous de 35 centimètres; elle équilibre donc, en ce moment, la force contractile du cœur droit.

» A l'autopsie, on surprend l'air confiné dans le système veineux depuis le point d'injection jusqu'au cœur droit qui est rempli de mousse rouge. Il en est de même de l'embouchure de la veine cave supérieure et des artères pulmonaires. Le cœur gauche, les veines pulmonaires, l'aorte sont toujours exempts d'air. Les poumons sont distendus; la pression atmosphérique ne les réduit que très-lentement. L'air injecté dans les veines ne pénètre donc pas dans les artères, il se perd dans les poumons qui l'exhalent, d'où l'accélération de la respiration. Il est facile, pendant la vie de l'animal, de prouver que l'air des veines ne gagne pas le système aortique : on n'a qu'à découvrir sur plusieurs points les veines et les artères; la transparence des tuniques veineuses d'une part, de petites saignées artérielles d'autre part, ne laissent pas de doute sur l'absence absolue de mousse. Si la pénétration de l'air du système veineux dans les artères était facile, on verrait, chez quelques animaux au moins, les troubles nerveux qui caractérisent la présence d'embolies gazeuses artérielles.

» *Conclusions.* — La présence d'air gazeux dans le système aortique, même en très-minime quantité, provoque des accidents dont la gravité varie selon les territoires vasculaires dans lesquels s'engagent les embolies gazeuses; c'est ce qui me fait penser que les troubles et les lésions qui caractérisent la décompression brusque tiennent à des embolies gazeuses artérielles. Le cœur gauche, malgré sa force contractile, ne parvient que bien rarement à chasser les bulles d'air des artères dans les veines, ce qui est démontré par la durée des symptômes et les modifications cadavériques. Le retour possible des fonctions normales fait supposer qu'en certains cas les index gazeux peuvent être résorbés.

» L'introduction d'air dans le système veineux est presque sans danger, car l'air ne tue qu'autant qu'il fait équilibre par sa tension à la puissance

contractile du cœur droit, qui peut être évaluée à la pression d'une colonne d'eau de 35 centimètres de hauteur. Ce résultat s'explique par la facilité de l'élimination de l'air dans les poumons et prouve que les embolies gazeuses veineuses sont pour bien peu de chose dans les accidents dus à la décompression brusque. »

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Nouvelles recherches sur la fonction des moisissures et leur propriété d'intervertir le sucre de canne, à l'occasion d'une Note de M.* U. Gayon ; par M. A. Béchamp. (Extrait.)

« Dans un travail récent (*Comptes rendus*, p. 52 de ce volume), M. Gayon s'exprime comme il suit :

« M. A. Béchamp a annoncé, en 1858, que les moisissures ont la propriété de transformer le sucre de canne en sucre interverti, à la façon du ferment inversif que sécrète la levûre de bière [1]. Il résulte de mes observations que toutes les moisissures n'agissent pas ainsi... Les petites plantes unicellulaires que M. Pasteur a désignées sous le nom de *torulas* ont aussi la faculté de créer un ferment inversif; comme elles se développent souvent dans des liquides exposés à l'air ordinaire, on doit craindre que leur présence ne trouble également l'action des autres moisissures... »

» M. Gayon n'a cité de mes recherches qu'une Note qui a paru aux *Comptes rendus* (t. XLVI, p. 44). Si M. Gayon avait lu le Mémoire qui a été publié la même année [2], et mes autres publications sur le même sujet, il aurait vu que j'avais envisagé le problème dans sa généralité.

» Dans le Mémoire de 1858, je n'ai étudié que les moisissures qui se développent dans l'eau sucrée exposée au contact de l'air ordinaire. J'y démontre : 1° que les moisissures n'y apparaissent pas, si l'on empêche les germes atmosphériques (les microzymas atmosphériques) de s'y multiplier et d'évoluer ; 2° que l'interversion est fonction de ces moisissures, grâce à une action semblable à celle que la diastase [3] exerce sur l'empois ; 3° que le phénomène est le résultat d'une fermentation dans laquelle se produit

---

(1) Les expériences de mon Mémoire de 1858 ont été commencées en 1854, ce dont fait foi une Note insérée au *Compte rendu* de la séance du 19 février 1855. A cette date, même en 1858, on ne connaissait rien de l'activité des moisissures comme ferment et comme capables de produire l'interversion du sucre de canne par un agent analogue à la diastase.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. LIV, p. 28.

(3) A cette époque on ne connaissait pas la zymase (ce que M. Gayon appelle le *ferment inversif* de la levûre de bière) : elle n'a été découverte qu'en 1861, comme une conséquence de ce travail.

de l'acide acétique, qui contribue à l'interversion; 4° que les moisissures sont de plusieurs sortes; j'y signale de *petits corps isolés* que je confonds dans l'expression de moisissures; 5° que la moisissure varie avec la nature de la matière saline minérale que l'on ajoute à l'eau sucrée.

» Les *petits corps isolés* étaient ce que, plus tard, j'ai spécifié avec soin sous le nom de *microzymas*, de *microzymas associés* en chapelets de grains (dont on a fait un genre sous le nom de *torula*) et susceptibles de se transformer en bactéries ou d'engendrer des cellules de ferment.

» J'ai poursuivi ces études sur des moisissures qui naissent dans divers milieux; j'en ai signalé qui n'intervertissent pas le sucre de canne, ou qui, l'intervertissant, ne produisent pas d'alcool (1).

» ..... Je suis convaincu que c'est envisager les choses d'une façon étroite que de regarder le sucre comme la source obligée de l'alcool dans les fermentations, et les végétaux microscopiques, appelés *saccharomycètes*, comme les seuls producteurs de la fermentation alcoolique. En 1866, j'ai démontré (*Comptes rendus*, t. LXIII, p. 451) que les microzymas de la craie, avec la fécule et avec le sucre de canne, sans qu'il se forme nécessairement du glucose, produisent de l'alcool. Depuis lors, je me suis assuré que dans toute fermentation lactique ou butyrique de la fécule ou du sucre de canne où l'on emploie la craie, il se forme également un peu d'alcool. De plus, j'ai fait voir pourquoi il ne s'en produit pas davantage, en montrant que ces mêmes microzymas peuvent consommer l'alcool en formant divers acides de la série de l'acide acétique. Enfin, j'ai démontré que, dans les solutions aqueuses de l'acétate de soude, de l'oxalate d'ammoniaque, dans l'eau distillée elle-même, certaines moisissures fournissent de l'alcool. Il en est ainsi parce que la levûre de bière, peut-être toutes les levûres, sans sucre, dans l'eau distillée, fournissent de l'alcool; en un mot, parce que toutes les fermentations sont intracellulaires.

» Voici de nouveaux faits, à l'appui de cette théorie physiologique de la fermentation :

» I. L'urine normale, absolument dépourvue de glucose, qui subit la fermentation ammoniacale, forme en même temps de l'alcool et de l'acide acétique. Dans une de ces fermentations, les ferments étaient un mélange de granulations moléculaires (microzymas) très-abondantes, de bactéries et de vibrions. Après les avoir bien lavés, je les ai mis dans de l'eau sucrée

---

(1) On trouvera ces recherches dans les *Comptes rendus* et dans les *Annales de Chimie et de Physique*.

créosotée. Après quelques jours, il se dégagea de l'acide carbonique et de l'hydrogène ; le sucre était en partie interverti. Il se forma de l'alcool, de l'acide acétique et de l'acide butyrique. Les ferments n'ont guère changé ; les vibrions avaient disparu ; il n'y avait ni torulas, ni mycélium, ni cellules quelconques.

» Dans certaines expériences, la fermentation s'accomplit sans que l'on puisse saisir la formation du glucose. La quantité d'alcool peut aller jusqu'à 1,5 à 2 pour 100 du sucre employé.

» II. Les mêmes ferments, mis dans l'empois de fécule, se fluidifient rapidement ; bientôt il se dégage un mélange d'acide carbonique et d'hydrogène. A la fin, on trouve de l'alcool, de l'acide acétique, de l'acide lactique, de l'acide butyrique. Les ferments n'ont pas changé : microzymas, bactéries, sans autres formes. Dans plusieurs opérations, il m'a été impossible de saisir la formation du glucose : c'est la fécule soluble ou la dextrine qui fermente directement.

» III. Cagniard-Latour avait d'abord pensé que les dépôts qui se forment dans le vin de Tavel contenaient quelque chose d'organisé. Dans une précédente Note, j'ai fait voir que les granulations moléculaires des vins vieux agissent sur le sucre de canne pour l'intervertir. Je vais prouver qu'ils sont ferments alcooliques.

» Je dois à l'obligeance de M. Correnson du vin de Tavel de sa récolte de 1858. Les expériences que je vais rapporter ont été faites à Montpellier, en 1868. Le dépôt des bouteilles est formé de microzymas, isolés ou empâtés dans des plaques membraneuses rigides, et de quelques filaments, immobiles comme des bactéridies. Les ferments, bien lavés à l'eau créosotée, ont été introduits dans de l'eau-sucrée. La quantité d'alcool formé a représenté la dixième ou douzième partie du sucre employé dans chaque expérience (10 grammes). Il y a très-peu d'acide acétique. Les ferments n'ont pas changé.

» Dans un précédent travail, j'ai montré que les microzymas de la mère de vinaigre sont producteurs d'alcool, et que, si on les nourrit bien, en les mettant dans du bouillon de levûre sucré, ils se transforment en un ferment alcoolique très-énergique. J'ai traité de la même manière les microzymas du tavel. Dès le lendemain, il se dégageait de l'acide carbonique pur, et, huit à dix jours après, tout le sucre avait disparu : il y en avait 40 grammes, qui ont produit 20 centimètres cubes d'alcool absolu, et $0^{gr},08$ d'acide acétique. Les ferments ont été profondément modifiés ; les microzymas ont disparu presque totalement, de même que les bactéridies ; à leur place il y a de belles cellules, différentes de la levûre de bière, dont je donnerai le dessin dans mon Mémoire. Leur fonction est différente aussi, car, outre la glycérine, il y a de la mannite. De plus, tandis que le résidu de la fermentation par la levûre de bière est inactif, celui-ci, bien que ne contenant pas une trace de sucre, dévie à droite le plan de polarisation de la lumière.

» Est-il besoin d'ajouter que dans une expérience témoin, de bouillon de levûre sucré et créosoté, exposé à l'air ordinaire, il ne s'était rien développé ?

» J'ai essayé, du même point de vue, les microzymas des dépôts de vin *rancio*, de Rivesaltes, et d'autres vins. Les résultats sont analogues, mais non identiques. »

CHIRURGIE. — *Du traitement des cancers du sein par l'ischémie de la glande mammaire au moyen du caoutchouc vulcanisé;* par M. **Bouchut**. (Extrait.)

« En empêchant l'arrivée du sang dans le cancer de la mamelle, on suspend sa nutrition et son développement de manière à amener sa guérison. C'est ce qu'on appelle l'*ischémie*.

» On peut obtenir l'ischémie de la glande mammaire par une compression permanente, faite au moyen du caoutchouc vulcanisé. L'ischémie permanente du sein détermine l'atrophie graduelle de cette glande. Appliquée au traitement du cancer et des adénomes de la mamelle, l'ischémie suspend la circulation capillaire de ces productions morbides, ce qui entraîne leur atrophie.

» Le meilleur moyen de produire l'ischémie du sein et du cancer ou des glandes de cet organe est l'application permanente d'une cuirasse compressive de caoutchouc vulcanisé, doublée de plusieurs épaisseurs de ouate. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Différences barométriques entre stations voisines.* Note de M. E. **Renou**, présentée par M. H. Mangon.

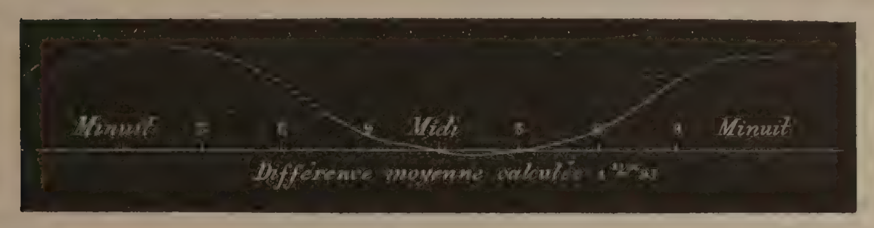
« On n'a jamais indiqué quel degré d'exactitude on peut atteindre dans les observations barométriques. Évaluées en lignes, puis en quarts de ligne, les chiffres barométriques du siècle dernier laissaient autant à désirer sous le rapport des instruments que sous celui des lectures qu'on en faisait. De notre temps, le baromètre s'est singulièrement perfectionné, mais bien peu d'observateurs savent avec quelle approximation on peut déterminer la pression de l'atmosphère, au moyen du baromètre à mercure. Chacun peut pourtant avoir une mesure de sa précision personnelle en comparant pendant quelques jours deux instruments voisins. Pour ce qui me concerne, les lectures de deux baromètres voisins ne diffèrent, en moyenne, que de $\frac{3}{100}$ de millimètre; il suffit donc de quelques jours de comparaison pour connaître l'équation d'un instrument jusqu'au $\frac{1}{100}$ de

millimètre ; il faut avoir soin seulement de ne commencer les comparaisons que lorsque les instruments sont reposés depuis un jour entier, et s'abstenir pendant les grandes intempéries, surtout lors des grandes variations de la pression.

» Le baromètre dont je me sers est le baromètre à cuvette cachée de la construction de M. Tonnelot, tout aussi précis que le baromètre Fortin. Il est étalonné sur le baromètre de feu Delcros, appartenant aujourd'hui à la Société météorologique, et est absolument d'accord avec le baromètre de l'Observatoire.

» Voici ma position au parc de Saint-Maur, à l'angle des avenues de la Tourelle et des Sapins :

Latitude N.	48°48′28″
Longitude E. de Paris.	$36^s,3$
Altitude, sol.	$45^m,50$
» cuvette du baromètre.	$46^m,38$
Distance à l'Observatoire de Paris.	11500^m E 15° S
Différence d'altitude des deux baromètres.	$21^m,00$
» barométrique calculée.	$1^{mm},93$



Différences barométriques entre le parc de Saint-Maur et l'Observatoire de Paris suivant les heures du jour (hauteurs centuples).

» Les observations sont faites au parc de Saint-Maur toutes les heures, de 4 heures du matin à 10 heures du soir ; un baromètre-inscripteur Redier donne la pression atmosphérique par une courbe continue, qu'on rectifie d'après les observations de 10 heures du soir et de 4 heures du matin. Mais je n'ai comparé dans la présente Note que les observations simultanées obtenues par lecture directe. Elles sont au nombre de six par jour, et s'étendent sur les 1645 jours compris du 1er juillet 1873 au 31 décembre 1877. Les observations sont faites tantôt par moi-même, tantôt par mon préparateur, M. Cœurdevache, dont la précision et le zèle ne laissent rien à désirer. C'est aussi lui qui a fait tous les calculs. Chaque mois, des tableaux sont dressés de toutes les observations correspondantes, avec les différences pour chaque observation et les moyennes différences calculées

pour chaque heure; aucune faute ne peut ainsi passer inaperçue. En réunissant les résultats, nous en avons formé le tableau suivant :

Différences barométriques entre le parc de Saint-Maur et l'Observatoire de Paris.

	7h-8h.	9h.	Midi.	3h.	6h.	9h.	Moyennes.
Décembre....	2,04	2,01	1,98	2,02	2,05	2,08	2,03
Janvier......	2,07	2,04	2,05	2,02	2,10	2,13	2,07
Février......	2,02	2,01	2,04	2,00	2,02	2,06	2,02
Mars........	2,02	1,99	2,00	1,97	1,97	2,05	2,00
Avril.......	1,99	1,93	1,92	1,94	1,90	2,03	1,95
Mai........	1,91	1,87	1,86	1,86	1,86	1,99	1,89
Juin........	1,89	1,88	1,85	1,86	1,86	1,98	1,89
Juillet......	1,93	1,89	1,89	1,85	1,85	1,96	1,89
Août........	1,93	1,89	1,89	1,87	1,85	1,95	1,90
Septembre...	1,96	1,91	1,89	1,87	1,88	1,97	1,91
Octobre.....	1,98	1,96	1,87	1,92	2,00	2,01	1,92
Novembre...	1,99	2,00	1,92	1,97	2,02	2,07	2,00
Moyennes....	1,98	1,95	1,93	1,93	1,95	2,02	1,96

» On voit que les différences ne sont pas constantes et qu'elles varient notablement suivant les températures de l'atmosphère, ce qui doit être, mais elles sont un peu plus considérables que le calcul ne l'indique. Les variations suivant les heures du jour offrent un résultat semblable : l'excès est surtout remarquable pour 9 heures du soir. Il paraît même qu'elles seraient plus considérables pendant la nuit : 130 observations simultanées à minuit donnent une différence de $2^{mm},10$.

» La différence moyenne qu'on déduirait en interpolant les heures de la nuit serait de $2^{mm},00$.

» Tout le monde sait que, quand on cherche à déterminer la différence d'altitude de deux stations par le baromètre, on trouve des nombres différents suivant les heures du jour, ce qu'on attribue à la connaissance imparfaite de la vraie température moyenne de la couche d'air, comprise entre les deux lieux d'observation. Mais, entre stations peu éloignées et dont la différence de hauteur n'est que de 21 mètres, il est impossible que la température moyenne annuelle à une heure quelconque ne soit pas connue à $\frac{1}{10}$ de degré près, par les observations du parc de Saint-Maur. Paris, qui offre un excès de température très-notable sur la campagne, surtout pendant la nuit, serait-il le centre d'une petite dépression barométrique? Y a-t-il plutôt de petites erreurs systématiques produites par le changement d'observateurs, l'approche des lumières, etc.? C'est ce qu'il est

difficile de dire quant à présent. Le meilleur moyen de répondre à ces questions serait de comparer d'autres stations éloignées de Paris; malheureusement, on n'en trouve pas qui offrent des observations assez nombreuses chaque jour, et rien n'est si rare que de rencontrer deux stations qui s'accordent parfaitement.

» La formule de Laplace n'a d'ailleurs été adaptée qu'aux observations de jour. Or, si nous prenons dans notre tableau les observations de jour, c'est-à-dire toutes les observations moins celles de 9 heures du soir, la différence moyenne $1^{mm},95$ ne surpasse plus que de $0^{mm},02$ le nombre théorique; et cette faible différence est précisément l'excès qu'on peut conclure du tracé des isobares de la France que j'ai fait connaître en 1864.

» La marche des différences barométriques suivant les heures de la journée est très-régulière dans les moyennes annuelles; pour chaque mois, elles offrent des variations qu'on serait tenté d'attribuer à des irrégularités accidentelles; ainsi, en février, le nombre correspondant à midi est évidemment trop élevé, relativement à ceux de 9 heures et de 3 heures. En octobre et novembre, on remarque une anomalie en sens contraire. Ces irrégularités apparentes sont faciles à expliquer : à Paris, on observe au temps vrai et au parc au temps moyen du lieu. Or une différence d'un quart d'heure qui ne produit pas des différences sensibles, dans la hauteur du baromètre à 9 heures du matin et 3 heures du soir, en donne une de $0^{mm},06$ environ à midi, heure à laquelle le baromètre descend le plus rapidement.

» On peut donc, avec nos instruments actuels, arriver à une précision presque mathématique.

» La température de l'atmosphère n'est pas la seule cause qui fasse varier les hauteurs relatives du baromètre en deux stations. La direction des vents a une influence non moins grande et facile à reconnaître à la faible distance qui sépare les deux observatoires; c'est ce que je ferai voir dans une prochaine Note. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Remarques à propos d'une Communication précédente de M.* Faye, *sur les relations entre les phénomènes du magnétisme terrestre et la rotation du Soleil.* Note de M. **J.-A. Broun**.

« Je lis dans une Communication faite par M. Faye à l'Académie, le 30 juillet dernier, sur la partie cosmique de la Météorologie :

« C'est arbitrairement qu'on choisit la rotation équatoriale au lieu de celle de tout autre

parallèle; c'est tout aussi arbitrairement qu'on choisit, entre les valeurs assignées à la première par différents auteurs, celle qui répond le mieux à l'hypothèse (¹). »

» Voici les faits. En représentant par des courbes les moyennes journalières de la force horizontale magnétique pour les années 1844 et 1845, à Makerstown en Écosse, à Trevandrum et Singapore aux Indes, à Hobarton, île de Van Diemen, et à d'autres stations encore, j'ai vu des séries d'ondulations parfaitement synchroniques, ayant des amplitudes différentes pour les ondulations successives à une même station, mais à peu près égales pour la même ondulation à toutes ces stations différentes. Une chose remarquable, c'est qu'il y avait des intervalles où trois ou quatre ondulations étaient mal définies, ou disparaissaient. Si toutes avaient été également visibles, on n'aurait eu, pour déterminer la longueur moyenne, qu'à diviser le temps total par le nombre d'oscillations. Dans le cas actuel, j'ai procédé comme on ferait pour déterminer le temps de la rotation d'une planète par le passage d'un point fixe sur sa surface, quand quelques passages n'ont pas été vus et que le temps de la rotation est connu approximativement par plusieurs passages successifs. J'ai trouvé, de cette manière, que la durée moyenne était 25,96 jours (²).

» Cette période, de près de 26 jours, a été déduite des observations faites à quatre stations différentes, d'une manière qui ne peut pas être appelée arbitraire. De plus, c'était une période que l'on ne pouvait alors (1857, voir note plus bas) lier avec un autre phénomène quelconque, la durée de la rotation du Soleil, d'après les meilleures observations, celles de Laugier et de Bianchi, étant évaluée à 27 $\frac{1}{4}$ jours. Cependant, je ne voyais pas d'autre cause que le Soleil qui pût produire ces variations, et j'ai suggéré que la différence, entre la période donnée par les observations astronomiques pour la rotation du Soleil et la période donnée par les observations magnétiques, pouvait être due à un mouvement des pôles magnétiques du Soleil. J'ajoutais : « Si les pôles magnétiques du Soleil ne » changent pas de place, il serait alors possible de déterminer avec pré» cision le temps de la rotation du Soleil par les mouvements de nos » aimants (³). »

(¹) *Comptes rendus*, t. LXXXV, p. 245; *Philos. Trans.*, t. CLXVI, p. 387; 1876.

(²) *Trans. Roy. Soc. Edimb.*, vol. XXII, p. 543. Mémoire lu le 21 février 1861. Ce Mémoire a été envoyé des Indes à la fin de 1859, mais, par des circonstances diverses, n'est arrivé à la Société Royale d'Edimbourg qu'une année plus tard.

(³) *Philosophical Magazine*, august 1858. Lettre à sir D. Brewster, datée du 27 décembre 1857.

» On voit qu'il y a loin de là à ce choix arbitraire, fait pour satisfaire à une hypothèse, dont parle M. Faye; les valeurs de la rotation des taches équatoriales des différents auteurs n'étant pas alors connues, j'avais essayé cependant si des valeurs comprises entre 27 jours et 27 $\frac{1}{2}$ jours ne donneraient pas des courbes moyennes avec de plus grandes amplitudes, mais cela sans succès.

» En 1871, quand M. Hornstein, sans connaître mes conclusions, a étudié ses observations faites à Prague l'année précédente, les périodes de la rotation des taches équatoriales étaient connues. Cependant M. Hornstein n'a pas cherché quel résultat les observations magnétiques de Prague donneraient pour ces périodes : il a déterminé quelle durée comprise entre 28 jours et 16 jours donnerait une oscillation moyenne avec la plus grande amplitude : il a trouvé également, d'après les observations d'une seule année, que la durée était près de 26 $\frac{1}{3}$ jours [1].

» En juin 1872, j'ai appliqué un tout autre procédé aux observations magnétiques faites à Greenwich. Si l'on peut représenter approximativement l'oscillation moyenne qui se produit dans une période vraie de n jours par l'expression

$$y = a \sin(\theta + c), \quad \text{ou} \quad \theta = m\frac{2\pi}{n},$$

et si, ne sachant pas exactement la vraie durée, on fait les calculs pour l'oscillation moyenne, d'après q périodes successives, supposées occupant $(n+p)$ jours chacun, l'équation sera

$$y = a' \sin(\theta' + c'), \quad \text{ou} \quad \theta = m\frac{2\pi}{n+p}.$$

» De la même manière, on trouvera, en considérant r périodes successives à la suite des premières,

$$y = a'' \sin(\theta' + c'').$$

Dans ce cas, j'ai démontré que l'erreur de la durée employée est très-approximativement

$$\delta = \frac{2(c'' - c')}{q + r} \text{ (}^2\text{)}.$$

D'après les observations de Makerstown en 1844 et 1845, la moyenne qui

---

(1) *Sitzungsb. der k. Akad. d. Wissensch. zu Wien.* Band XIV, p. 73.

(2) *Trevandrum Observations*, vol. I, p. 100. Voir aussi *Proc. Roy. Soc.*, vol. XX, p. 421, juin 20. London, 1872.

résulte de cette méthode, avec les trois hypothèses de $25\frac{2}{3}$, 26 et $26\frac{1}{3}$ jours, est de 25,92 jours ([1]).

» Avec l'hypothèse de $26\frac{1}{3}$ jours (employée par sir G. Airy), j'ai trouvé pour les observations de Greenwich :

Force horizontale en 1850 et 1852......	$25^{j},79$ ([1]).
Force horizontale en 1868 et 1870......	25,92 ([1]).
Déclinaison en 1868 et 1870............	25,85 ([2]).

» Avec l'hypothèse de 26 jours, la vraie période, d'après les observations de la déclinaison faite à Trevandrum, en 1868 et 1870, est de $26^{j},01$ ([2]).

» On peut voir que, dans tout cela, il n'y a pas un mot des taches du Soleil, équatoriales ou autres. Je dois dire cependant que M. Faye n'a pas trouvé dans mon Mémoire ([3]) le récit des méthodes d'investigation, dont M. Hornstein et moi nous nous sommes servis, quoique j'aie renvoyé pour ces détails aux Mémoires précédents qui les contiennent.

» La question reste toujours de savoir si la période de près de 26 jours, qui a été trouvée d'après les observations faites en différentes parties du globe, par deux auteurs, dont l'un ne connaissait pas les conclusions de l'autre, est due à la rotation du Soleil. »

PHYSIQUE. — *Sur le téléphone*. Note de M. L. DE CHAMPVALLIER.

« L'hôtel de l'École de l'artillerie, à Clermont, est relié au village de la Fontaine-du-Berger (champ de tir) par un fil télégraphique de 14 kilomètres; ce fil passe par le bureau central télégraphique de Clermont sans entrer dans l'intérieur de ce bureau ([4]).

A cette distance de 14 kilomètres, un service téléphonique fonctionne

---

([1]) *Proc. Roy. Soc.*, vol. XX, p. 421, 422. London.

([2]) *Trevandrum Obs.*, vol. I, p. 103 et 104.

([3]) *On the variations of the daily mean horizontal force of the Earth's magnetisme*, etc. (*Phil. Trans. Roy. Soc.* Lond., vol. CLXVI, p. 387).

([4]) Les poteaux qui supportent le fil de l'École portent en tout : 1° du bureau télégraphique central au pont de Jaude, distance 300 mètres environ, huit fils ; le fil de l'École est le quatrième en partant du haut.

2° Du pont de Jaude au col de Riamaux, distance 50 kilomètres, les poteaux portent trois fils ; le fil de l'école est le troisième ou le plus bas.

3° Enfin du col des Riamaux à la Fontaine-du-Berger, distance 4 kilomètres, le fil de l'École est seul sur les poteaux qui le supportent.

parfaitement : le téléphone employé est le téléphone ordinaire, petit modèle. Ce service n'est établi du reste qu'à titre d'expérience.

» Également à titre d'expériences, un service téléphonique a été établi entre l'observatoire de Clermont et celui qui est situé au sommet du Puy-de-Dôme ; la distance est de 15 kilomètres. Le fil qui relie ces observatoires est porté par les mêmes poteaux que le fil de l'École, depuis le bureau télégraphique central jusqu'au col des Riamaux, c'est-à-dire pendant une longueur de 10 kilomètres; ce fil passe dans l'intérieur du bureau télégraphique central ; la communication téléphonique entre les deux observatoires se fait aussi parfaitement. Ces conditions exceptionnelles nous ont permis de faire quelques observations intéressantes.

» 1° On communique téléphoniquement entre les deux stations de l'École, distance 14 kilomètres, *même* lorsque des dépêches sont lancées sur les fils voisins par les appareils Morse.

» 2° On entend très-distinctement et on lit couramment au son toutes les dépêches Morse qui passent sur les fils voisins du fil de l'École et même les dépêches qui passent sur des fils séparés de lui par un autre fil : celles-ci donnent seulement un son beaucoup plus faible.

» 3° Quand on parle, au moyen du téléphone, du sommet du Puy-de-Dôme à l'observatoire de Clermont, nous entendons très-nettement la voix, de manière à en reconnaître le timbre, et à distinguer si c'est un homme ou une femme qui parle; parfois, nous pouvons même entendre la dépêche et la comprendre, quand aucun bruit étranger ne vient contrarier l'audition. Ce fait démontre la prodigieuse sensibilité du merveilleux instrument de M. Graham Bell.

» En effet, le fil des observatoires est porté, pendant 10 kilomètres, par les mêmes poteaux que le nôtre; mais il en est séparé par une distance de 85 centimètres au moins, car un autre fil, celui de Rochefort, est placé entre ces deux fils sur les mêmes poteaux. Ainsi le courant d'induction lancé, par le téléphone, du sommet du Puy-de-Dôme, peut déterminer un nouveau courant induit sur un fil placé à près de 1 mètre de distance; ce *nouveau* courant induit *suffit* pour déterminer des vibrations *perceptibles* à l'oreille. Nous avons remarqué que nous entendions bien plus distinctement les dépêches lancées du sommet du Puy-de-Dôme que celles qui partent de Clermont : ce fait, qui tient peut-être à la nature de la voix de la personne qui parle au Puy-de-Dôme, provient aussi peut-être de la position respective de notre station à Clermont par rapport aux deux observatoires.

Quoi qu'il en soit, il résulte de nos expériences, faites par plusieurs officiers et par des professeurs, les conclusions suivantes :

» 1° On lit les dépêches Morse qui passent sur des fils distants de notre fil de 45 ou 90 centimètres, même quand ces fils n'accompagnent le nôtre que sur une longueur de 300 mètres, et cette addition ne gêne en rien, si ce n'est par un petit bruit dont on fait facilement abstraction, le passage et l'audition des dépêches téléphoniques. Ainsi, *au moins jusqu'à* 10 *kilomètres*, et très-probablement beaucoup plus loin, on peut correspondre avec des fils portés sur des poteaux qui supportent des fils livrés au passage des dépêches ordinaires. Nous allons prolonger jusqu'à leur *limite* ces expériences.

» 2° Deux lignes téléphoniques *voisines*, mais *sans communication*, mélangent leurs dépêches, et il nous est arrivé de répondre au Puy-de-Dôme et d'en recevoir une dépêche, sans que nos fils soient nulle part rapprochés de plus de 85 centimètres.

» Ajoutons que nous avons mis dans le même circuit sept téléphones et que sept personnes pouvaient entendre à la fois la même dépêche, soit Morse, soit téléphonique, et même une dépêche induite téléphoniquement, sans affaiblissement appréciable de l'intensité du son, malgré les résistances occasionnées par les jonctions de fils. Il semble que le nombre d'auditeurs d'une *même* dépêche passant par un *même fil* peut être très-considérable, et nous regrettons de n'avoir pas un nombre plus grand de téléphones pour en faire l'expérience.

» Toutes nos expériences sont faites avec un seul fil, avec communication à la terre aux deux extrémités de la ligne. »

PHYSIQUE. — *Sur le téléphone.* Note de M. A. DEMOGET.

« En avant et à un millimètre de distance de la plaque vibrante du téléphone de M. Bell, on place une ou deux plaques vibrantes semblables, en ayant soin de percer, dans la première et au centre, un orifice circulaire d'un diamètre égal à celui du barreau aimanté ; dans la deuxième, un orifice d'un diamètre plus grand : on augmente ainsi non-seulement l'intensité des sons transmis, mais encore leur netteté. Aux extrémités d'une ligne de 30 mètres, disposée aux étages d'une maison, on peut très-bien converser à demi-voix, et l'on entend très-distinctement les syllabes muettes, telles que *che, me*.

» Par cette disposition, la masse vibrante magnétique en regard de

l'aimant étant plus grande, la force électromotrice des courants est augmentée, et, par conséquent, les vibrations des plaques du deuxième téléphone. »

M. Caminat adresse une Note relative à une disposition qui peut avoir, suivant lui, quelque analogie avec le téléphone.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur le tremblement de terre ressenti à Paris le 28 janvier.* Lettre de M. **Donon de Gannes** à M. le Secrétaire perpétuel.

« J'ai eu l'occasion d'observer, le lundi 28 janvier, à Paris, le tremblement de terre qui a été signalé par un grand nombre d'observateurs.

» La maison que j'habite est située à peu près derrière l'église russe, et assez éloignée des voies de communication voisines pour que, en temps ordinaire, aucun bruit n'y pénètre. Assis devant une table, dans un moment de calme absolu autour de moi, j'ai entendu deux détonations très-rapprochées, comparables au bruit que produirait une grande porte cochère fermée avec violence, bruits immédiatement suivis d'un roulement bien prononcé, comme celui d'une voiture assez lourdement chargée roulant sur le pavé, et de la trépidation des vitres et des objets de verrerie que contient la pièce où je me trouvais. Ensuite et immédiatement, le mur auquel je tournais le dos m'a paru se détacher de la maison, et la chaise sur laquelle j'étais assis et moi-même participer au même mouvement, de façon à éprouver la même sensation que si j'eusse été précipité à la renverse dans le vide, sensation qui a été assez vive, du reste, pour me donner un moment d'angoisse fort pénible.

» Les phénomènes que je décris se sont produits dans un espace de temps qui ne m'a pas paru dépasser dix secondes. Ma montre indiquait midi 1 minute, heure dont je puis garantir l'exactitude.

» La position bien définie que j'occupais au moment du phénomène, et la direction du mur dont j'ai parlé, qui est exactement N. 33° O., me paraissent de nature à fournir une indication intéressante sur l'allure du phénomène. »

M. Th. du Moncel, à la suite de cette Communication, fait remarquer que le lundi 28 janvier, vers midi, étant dans son cabinet de travail situé rue de Hambourg, n° 7, au second, il fut tout surpris de ressentir le contrecoup d'une secousse assez forte pour avoir fait osciller à sa vue une statue de marbre placée sur un piédestal élevé. Croyant que cette secousse était due au passage d'une voiture assez lourde dans la rue, il regarda par la fenêtre, et, n'en ayant vu aucune, il pensa que ce pouvait bien être une secousse de tremblement de terre. Mme du Moncel, qui était au premier, constata comme lui l'effet et eut la même pensée; mais les personnes qui se trouvaient au rez-de-chaussée ne s'en aperçurent pas ou du moins n'y prêtèrent aucune attention.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur le tremblement de terre ressenti à Versailles le 28 janvier*. Lettre de M. E. Lefebvre à M. Janssen.

« Lundi dernier, 28 janvier, à midi et 4 ou 5 minutes, j'ai ressenti, à Versailles, une secousse très-nette de tremblement de terre. Elle a consisté en une série d'oscillations parfaitement distinctes; leur direction était celle de l'avenue de Paris, dans Versailles, c'est-à-dire très-sensiblement la direction est-ouest. La durée du phénomène a été au moins de 8 à 10 secondes. En effet, j'étais à table avec ma famille, et, ayant ressenti le premier ce qui se passait, j'ai eu le temps de le faire remarquer aux autres personnes, en leur signalant le phénomène sous son vrai nom; et elles ont encore pu le sentir parfaitement. Une suspension placée au-dessus de la table s'est déplacée d'une manière très-visible.

» Ces oscillations me semblent se rattacher à un phénomène plus général dans l'ouest de la France. »

M. L. Hugo adresse une nouvelle Note « Sur les solutions singulières dans la Mécanique des systèmes naturels ».

M. A. Chaussenot adresse une Note « Sur la possibilité de prévenir d'avance les cultivateurs des changements de temps ».

M. Ch. Tellier annonce qu'il est arrivé à appliquer la triméthylamine à la production du froid, dans des conditions qui permettent de considérer ce corps comme étant le meilleur agent frigorifique connu.

M. E. Viard adresse une Note sur le dosage des sucres réducteurs, au moyen des liqueurs titrées.

M. Aupée adresse une Note relative à un sirop ferrugineux, obtenu au moyen du fer réduit par la lumière.

M. Hermite, en présentant à l'Académie l'ouvrage de M. *Hugo Gyldén*, intitulé : « Recueil de tables contenant les développements numériques à employer dans le calcul des perturbations des comètes », s'exprime ainsi :

« Lorsque les grandes découvertes d'Abel et de Jacobi eurent appelé l'attention générale sur la théorie des fonctions elliptiques, la pensée se présenta naturellement d'utiliser les nouvelles transcendantes pour la solution des problèmes de la Mécanique céleste, et l'Académie s'en fit l'interprète, dans les considérations qui précèdent l'énoncé de la question proposée comme sujet du grand prix des Sciences mathématiques en 1840 (*Comptes rendus,* t. XI, p. 72). Mais aucun Mémoire ne fut envoyé et bien des années

s'écoulèrent avant que les espérances qu'on avait accueillies parussent devoir se réaliser. C'est aux travaux approfondis et persévérants de M. Gyldén, astronome de l'Académie des Sciences de Suède, qu'on doit enfin l'introduction, couronnée de succès, des nouvelles fonctions périodiques de l'analyse dans le calcul des perturbations des comètes. Les principes sur lesquels s'est fondé le savant astronome ont été exposés avec talent dans une thèse de M. Baillaud [1], qui peut servir de préliminaire à l'ouvrage que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie, où l'auteur s'est montré géomètre éminent en traitant beaucoup de belles et difficiles questions qui concernent la théorie des fonctions elliptiques. »

M. **Janssen** présente à l'Académie la deuxième édition de la « Théorie mathématique des opérations financières », par M. *H. Charlon.*

La séance est levée à 5 heures un quart. J. B et D.

ERRATA.

(Séance publique du 28 janvier 1878.)

Page 185, ligne 2, en remontant, *au lieu de* combien est invariable, *lisez* combien est variable.

---

[1] *Exposition de la méthode de M. Gyldén pour le développement des perturbations des comètes* (*Annales scientifiques de l'École Normale supérieure*).

DATES.	BAROMÈTRE A MIDI réduit à zéro.	THERMOMÈTRES du jardin. Minima.	Maxima.	Moyenne.	Écart de la normale.	THERMOMÈTRE ENREGISTREUR du nouvel abri.	THERMOMÈTRE ÉLECTRIQUE à 20 mètres.	ACTINOMÈTRE.	THERMOMÈTRES du sol. Surface du sol sans abri.	à 0m,20 (midi).	à 0m,30 (midi).	TENSION DE LA VAPEUR.	ÉTAT HYGROMÉTRIQUE.	UDOMÈTRE ENREGISTREUR.	ÉVAPOROMÈTRE.	ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE.	OZONE en milligrammes par 100 mètres cubes d'air.
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)
	mm	o	o	o	o	o	o		o	o	o	mm		mm	mm	vll	mg
1	764,7	- 0,7	6,9	3,1	0,8	2,2	2,4	20,2	3,9	4,8	5,1	4,7	88	.	0,5	33,0	.
2	765,9	- 1,9	1,8	0,0	- 1,7	- 0,1	- 1,7	7,4	0,2	3,7	4,0	4,3	100	0,1	.	.	.
3	764,0	- 1,6	4,5	1,5	- 0,1	2,0	1,6	2,9	1,6	3,4	3,5	5,3	100	0,2	.	4,4	.
4	757,3	0,6	6,1	3,4	1,1	2,8	2,5	5,0	3,4	3,6	3,7	5,3	96	0,7	0,4	3,7	.
5	760,3	- 1,1	4,5	1,7	- 0,7	0,8	- 0,2	12,2	2,7	3,4	3,6	4,7	97	0,2	.	3,5	.
6	757,4	- 0,7	6,1	2,7	0,5	2,1	2,6	2,2	2,9	3,1	3,3	5,6	99	0,4	.	.	.
7	747,9	4,9	8,4	6,7	4,9	5,5	.	7,9	7,6	4,2	3,9	5,9	87	0,7	1,1	.	.
8	746,0	0,1	4,2	2,2	0,3	2,4	2,2	2,6	1,9	4,0	4,1	4,8	89	0,0	0,8	11,4	.
9	755,1	- 0,1	1,7	0,8	- 0,7	0,2	- 0,6	17,1	1,9	3,5	3,7	2,9	65	0,0	.	.	.
10	760,7	- 4,9	3,1	- 0,9	- 2,7	- 1,2	- 1,3	2,0	- 2,1	2,4	2,8	3,8	90	2,1	.	.	.
11	769,2	- 5,1	- 3,3	- 4,2	- 6,7	- 4,6	- 5,4	25,3	- 2,8	2,0	2,3	2,1	66	.	.	.	.
12	771,8	- 7,1	non atteint.	- 2,1	- 4,3	- 3,3	- 2,3	3,2	- 4,5	1,5	1,8	2,6	67	0,0	.	.	.
13	772,8	ascendante.	3,0		.	0,6	.	5,0	0,5	1,2	1,5	4,4	89	0,0	.	14,9	.
14	770,6	1,0	6,9	4,0	1,9	4,0	4,8	5,9	4,6	1,2	1,4	5,1	80	0,0	1,8	13,4	.
15	764,9	3,1	10,5	6,8	4,5	7,9	8,0	2,8	7,0	1,3	1,4	7,1	88	0,0	1,2	6,1	.
16	764,5	7,1	9,5	8,4	6,2	8,1	8,1	6,0	8,2	3,7	3,2	6,8	83	0,0	1,9	16,1	.
17	765,3	7,1	8,8	8,0	5,9	7,1	6,7	8,1	9,1	4,8	4,3	6,0	81	.	2,5	29,9	.
18	767,6	3,7	7,7	5,7	3,8	5,1	5,2	9,5	6,3	4,7	4,5	5,2	79	.	1,7	36,6	.
19	768,4	2,6	6,3	4,5	2,4	3,8	3,9	4,4	4,5	4,4	4,3	5,3	88	.	0,4	9,0	.
20	768,8	- 2,0	5,6	1,8	0,0	1,4	0,4	20,9	2,2	3,9	4,0	4,3	89	.	.	25,5	.
21	766,9	- 1,8	non atteint.	5,0	2,7	3,5	5,0	7,9	5,2	3,1	3,3	5,8	87	0,0	.	14,1	.
22	762,3	ascendante.	11,8			9,6	10,1	6,0		4,9	4,4	8,0	87	0,2	1,6	5,9	.
23	756,1	descendante.	//	//	//	7,6	6,9	14,6	//	6,5	5,9	6,1	80	2,3	.	9,3	.
24	746,2	2,1	5,7	3,9	0,9	3,6	3,2	3,7	3,4	5,2	5,3	5,5	94	10,2	0,8	-29,1	.
25	740,2	1,0	5,1	3,1	0,0	1,4	1,1	18,7	4,3	4,6	4,8	4,0	78	(4,0)	.	0,7	.
26	753,2	- 2,9	5,2	1,2	- 1,9	1,6	2,2	25,8	2,9	3,3	3,7	4,4	85	.	.	38,3	.
27	758,8	- 2,0	3,4	0,7	- 2,8	0,1	- 0,4	9,4	0,6	2,9	3,3	4,6	100	0,1	.	41,9	.
28	752,3	- 1,0	5,3	2,2	- 0,9	1,3	1,9	5,4	1,4	2,6	3,0	4,5	85	4,2	.	.	.
29	757,7	0,2	6,6	3,4	0,3	2,2	2,2	31,5	5,6	2,4	2,6	4,8	88	0,1	1,4	70,6	.
30	758,7	non atteint	descendante.	//	//	- 0,4	- 1,1	5,6	0,4	2,5	2,8	3,8	85	(0,1)	//	31,1	.
31	763,5	- 2,7	1,5	- 0,6	- 3,9	- 0,1	0,1	7,9	0,0	2,0	2,8	4,1	86	0,0	//	39,4	.

(6) (23) (24) Moyenne des 24 heures. — (5) (7) (12) (13) (16) (18) (19) (20) (21) moyennes des observations sexhoraires.

(8) Moyennes des cinq observations trihoraires de 6h m. à 6h s. Les degrés actinométriques sont ramenés à la constante solaire 10

(5) La moyenne dite *normale* est déduite des moyennes températures extrêmes de 60 années d'observations.

(4) (9) Demi-somme des extrêmes pour chaque oscillation complète la plus voisine de la période diurne indiquée.

(22) (25) Le signe W indique l'ouest, conformément à la décision de la Conférence internationale de Vienne. *k* désigne les cirrhus.

DATES.	MAGNÉTISME TERRESTRE (moyennes diurnes). Déclinaison. (Fortification.) (18)	Inclinaison. (Fortification.) (19)	Intensité horizontale. (Parc.) (20)	Intensité totale. (Parc.) (21)	VENTS à 20 mètres. Direction dominante. (22)	Vitesses moyennes en kilomètres à l'heure. (23)	Pression moyenne en kilogrammes par mètre carré. (24)	DIRECTION DES NUAGES. (25)	NÉBULOSITÉ (0 à 10). (25)	REMARQUES.
1	17°.6',5	65°.32',6	1,9329	4,6494	NW puis S	km 6,8	kg 0,4	NW *k*	2	Givre matin et soir.
2	5,7	32,6	9329	6494	S	(4,2)	(0,2)	»	9	Givre épais le matin. Brouill. persistants.
3	6,7	32,2	9339	6507	S	7,9	0,6	»	10	Brouillard et bruine matin et soir.
4	7,0	32,0	9342	6509	SSE	16,7	2,6	S	6	Matinée pluvieuse. Beau le soir.
5	7,0	32,8	9333	6510	SSE	9,3	0,8	»	7	Givre le matin. Brouillards persistants.
6	6,3	33,4	9333	6530	S	13,0	1,6	»	10	Presq. cont. pluv., notam. de 9h m. à 5h s.
7	″	″	″	″	SW	21,0	4,2	SW	(8)	Id. not. de 7h30m à 9h45m m.
8	5,2	33,1	9336	6526	SW puis N	11,0	1,1	NNW	10	Brumes élevées; gouttes de pluie le soir.
9	6,1	33,0	9335	6521	N	30,2	8,6	»	3	Neige de 8h.45 à 10h.20 m., puis beau ciel avec bonne brise soutenue.
10	5,1	33,5	9328	6519	NW à NE	14,1	1,9	NW	9	Givre le m., avec neige de 9h m. à 3h s.
11	5,5	33,5	9323	6506	NNE	22,0	4,6	»	0	Assez beau temps.
12	6,4	33,3	9326	6508	NE à NW	9,5	0,9	N	10	Neige et grésil l'après-midi.
13	6,9	32,9	9327	6498	NE à NW	7,9	0,6	»	10	Petites pluies le soir.
14	7,0	32,5	9331	6498	WSW	19,4	3,5	W ¼ NW	10	Gouttes de pluie par intervalles.
15	7,2	32,7	9328	6495	W	23,7	5,3	WNW	10	Id. le matin et le soir.
16	5,8	30,9	9324	6433	W ¼ NW	24,0	5,4	NW	10	Gout. de pluie le s.; quelq. grêlons l'ap.-m.
17	5,0	31,5	9326	6455	NNW	14,3	1,9	NNW	10	Toujours couvert, mais sans pluie.
18	4,5	32,0	9325	6469	NNW	7,4	0,5	NE à SE	10	Id. Id.
19	4,7	33,8	9329	6532	var. pr. calme	4,6	0,2	»	10	Découvert apr.-midi. Dépôt de rosée le soir.
20	5,9	33,9	9323	6519	S	(10,3)	(1,0)	NNW *k*	6	Givre le matin, léger brouillard le soir.
21	6,1	33,1	9335	6524	SSW	25,1	5,9	NW à SW	10	Bourrasques et soirée pluvieuse.
22	6,9	33,1	9335	6525	SW	35,1	11,5	SW	9	Id. pluies intermit. Éclairs le soir.
23	″	″	″	″	W	31,2	9,2	W	6	Id. cont. pluv., pl. fort le m. et le s.
24	4,3	35,8	9295	6507	WSW à N	22,1	4,6	WSW	10	Très-pluvieux, surtout de 10h.45 m. à 2h. s., et de 6 h. s. à minuit 45 m.
25	4,5	34,9	9313	6524	W à N	22,3	4,7	SW à N	6	Pluie le matin, suivie de neige et de grésil, avec giboulées l'après-midi et le soir.
26	6,3	35,1	9312	6527	NNW	13,9	1,8	N	5	Ciel variable. Gelées blanches le soir.
27	4,7	35,2	9313	6534	SSE	10,5	1,0	N	9	Brumes élev.; bruine le s. et dépôt congelé.
28	5,5	34,8	9317	6531	SE à WSW	24,2	5,5	″	8	Faibles bourr. Neige et petites pluies intermit.
29	6,8	34,2	9321	6523	W ¼ NW	16,3	2,5	NW	4	Givre le m. Pluie et grésil après-midi.
30	4,1	34,6	9314	6518	NNE	19,4	3,5	N	10	A la neige tout le jour.
31	5,5	34,2	9316	6511	NNE	22,3	4,7	NNE	10	A la neige le matin.

Oscillations barométriques extrêmes : de 766mm,5 le 2 à 10h25m m. à 756mm,8 le 4 à 1h30 m. s.; de 760mm,9 le 5 à 10h25m m. à 743mm,4 le 7 à 11h50m s.; de 773mm,5 le 13 à 8h35m s. à 762mm,7 le 16 à 6h s.; de 770mm,0 le 20 à 10h55m s. à 740mm,1 le 24 à 8h20m s. et le 25 à midi 45; de 759mm,2 le 27 à 10h55m m. à 749mm,5 le 28 à 5h20m s.

(23) Vitesses maxima du vent à 20m de hauteur : les 8, 14, 15, 16, 21 et 28, de 35 à 40km; le 22, de 51km; le 24, de 53km; le 25, de 57km; le 23, de 62km; le 9, de 65 km à l'heure.

MOYENNES HORAIRES ET MOYENNES MENSUELLES (Janvier 1878).

		6h M.	9h M.	Midi.	3h S.	6h S.	9h S.	Minuit.	Moyennes.
Déclinaison magnétique	17° +	3',7	4',6	9',2	6',6	5',8	4',1	4',6	17°. 5',8
Inclinaison »	65° +	33,3	33,5	33,3	33,1	33,4	33,5	33,4	65.33,4
Force magnétique totale	4,+	6513	6506	6506	6514	6508	6508	6504	4,6508
Composante horizontale	1,+	9328	9322	9325	9331	9325	9324	9323	1,9325
Composante verticale	4,+	2308	2302	2301	2318	2303	2303	2298	4,2303
Électricité de tension (22 jours)	"	16,8	24,4	22,7	27,5	22,8	16,5	14,1	19,1
Baromètre réduit à 0°		mm 760,39	mm 760,96	mm 760,62	mm 760,15	mm 760,36	mm 760,56	mm 760,59	mm 760,49
Pression de l'air sec		55,54	56,19	55,75	55,28	55,42	55,67	55,71	55,60
Tension de la vapeur en millimètres		4,85	4,77	4,87	4,87	4,94	4,89	4,88	4,89
État hygrométrique		90,3	87,4	80,7	78,7	84,0	87,5	89,9	86,2
Thermomètre enregistreur (nouvel abri)		1°,55	2°,04	3°,59	3°,96	3°,04	2°,32	1°,83	2°,49
Thermomètre électrique à 20 mètres		1,71	2,21	3,26	3,55	2,94	2,22	1,80	2,43
Degré actinométrique		0,00	9,15	27,87	12,49	0,00	»	»	9,90
Thermomètre du sol. Surface		0,92	2,07	4,96	4,07	2,34	1,60	1,10	2,33
» à $0^m,02$ de profondeur		2,50	2,39	2,49	2,88	2,96	2,83	2,64	2,65
» à $0^m,10$ »		3,17	3,07	3,03	3,17	3,35	3,35	3,25	3,20
» à $0^m,20$ »		3,50	3,43	3,37	3,37	3,46	3,51	3,48	3,45
» à $0^m,30$ »		3,56	3,53	3,48	3,46	3,48	3,53	3,49	3,50
Udomètre enregistreur		mm 3,46	mm 2,15	mm 5,25	mm 6,00	mm 2,44	mm 4,19	mm 2,09	mm t. 25,58
Pluie moyenne par heure		0,096	0,060	0,146	0,167	0,068	0,116	0,058	"
Évaporation moyenne par heure (12 jours)		0,036	0,038	0,061	0,085	0,069	0,051	0,040	t. 15,08
Vitesse moy. du vent en kilom. par heure		15,94	15,55	17,39	17,99	16,75	17,49	17,02	16,67
Pression moy. en kilog. par mètre carré		2,39	2,28	2,85	3,04	2,64	2,88	2,72	2,62

Données horaires.

Heures.	Déclinaison.	Pression.	Tempér. à 20m.	Enregistreurs. Tempér. nouvel abri.	Enregistreurs. Pluie à 3m.	Enregistreurs. Vitesse du vent.	Heures.	Déclinaison.	Pression.	Tempér. à 20m.	Enregistreurs. Tempér. nouvel abri.	Enregistreurs. Pluie à 3m.	Enregistreurs. Vitesse du vent.
	° '	mm	°	°	mm	k		° '	mm	°	°	mm	k
1h mat.	17. 6,1	760,52	1,75	1,77	0,23	16,62	1h soir	17. 8,8	760,38	3,51	3,89	0,95	18,13
2 »	7,6	60,42	1,72	1,73	0,62	16,20	2 »	7,7	60,22	3,60	4,07	2,30	18,01
3 »	8,0	60,28	1,73	1,64	0,62	15,96	3 »	6,6	60,16	3,55	3,96	2,75	17,83
4 »	7,3	60,22	1,71	1,58	0,45	15,91	4 »	5,9	60,18	3,41	3,57	1,43	17,74
5 »	5,6	60,25	1,71	1,57	0,20	15,22	5 »	5,8	60,25	3,19	3,22	0,49	16,04
6 »	3,7	60,38	1,72	1,55	1,34	15,74	6 »	5,8	60,36	2,94	3,04	0,52	16,46
7 »	2,7	60,61	1,77	1,63	0,09	15,26	7 »	5,6	60,45	2,69	2,72	0,63	17,98
8 »	3,0	60,82	1,95	1,70	0,99	15,37	8 »	5,0	60,50	2,45	2,52	0,39	17,72
9 »	4,6	60,96	2,21	2,04	1,07	16,01	9 »	4,1	60,56	2,23	2,32	3,17	16,76
10 »	6,7	60,96	2,56	2,61	1,17	17,28	10 »	3,5	60,60	2,04	2,12	0,78	16,86
11 »	8,4	60,84	2,95	3,17	0,75	17,59	11 »	3,6	60,62	1,87	1,98	0,53	16,90
Midi...	9,2	60,62	3,27	3,59	3,33	17,31	Minuit..	4,6	60,60	1,79	1,83	0,78	17,29

Thermomètres de l'abri (moyennes du mois).

Des minima....... — 0°,2 Des maxima........ 5°,4 Moyenne........... 2°,7

Thermomètres de la surface du sol sans abri.

Des minima...... — 1°,0 Des maxima....... 7°,1 Moyenne........... 3°,1

Températures moyennes diurnes par pentades.

1878	Janv. 1 à 5...... 1°,6	Janv. 11 à 15...... 0°,9	Janv. 21 à 25..... 5°,1
»	6 à 10...... 1,8	» 16 à 20...... 5,1	» 26 à 30..... 1,0